UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY
REMOTE STORAGE
BOOK CLASS VOLUME
549.06 SO 8

Return this book on or before the
Latest Date stamped below.

GEOLOGY LIBRARY

University of Illinois Library

OCT 22 1963

L161—H41

B
p 169, 170 manti pas
5 fol
REMOTE STORAGE

Digitized by the Internet Archive
in 2014

https://archive.org/details/bulletindelasoci8188soci

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE

DE FRANCE

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE

DE FRANCE

Fondée le 21 mars 1878

TOME HUITIÈME

PARIS
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ
A LA SORBONNE
(LABORATOIRE DE MINÉRALOGIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES)

1885

SOCIÉTÉ
MINÉRALOGIQUE
DE FRANCE

STATUTS

Article premier.

La Société minéralogique de France est fondée pour établir un lien entre tous ceux qui s'intéressent au progrès de la minéralogie et de la cristallographie.

Elle tient des séances mensuelles remplies par la présentation et la discussion des travaux des membres, par l'indication et la discussion des travaux étrangers, et enfin par les expériences qu'il paraîtra utile ou intéressant de répéter au public.

Elle publie un *Bulletin* mensuel comprenant : l'analyse des communications faites par les membres dans la dernière séance ; une revue bibliographique aussi complète que possible des publications faites en France et à l'étranger et relatives à la minéralogie ou à la cristallographie ; enfin l'ordre du jour de la prochaine séance.

Art. 2.

La Société se compose de membres honoraires et de membres ordinaires.

Pour être élu membre de la Société, il faut être présenté

72893

par deux membres qui adressent une demande par écrit au Président. L'élection est mise à l'ordre du jour de la séance suivante. La nomination a lieu à la majorité des membres présents.

Art. 3.

Le titre de membre honoraire est conféré comme un hommage et une distinction particulière à des minéralogistes éminents de la France et de l'Étranger. Les membres honoraires ont voix délibérative dans les séances, et une place d'honneur leur est réservée. Ils sont nommés par la Société à la majorité des voix sur la présentation du Conseil.

Le nombre en est fixé à douze.

Art. 4.

Tous les membres paient une cotisation annuelle de 20 francs.

La cotisation annuelle peut être remplacée par le versement d'une somme de 250 francs. L'intérêt des sommes ainsi versées sera seul consacré aux dépenses courantes.

Art. 5.

La Société est administrée par un bureau composé de : un président, deux vice-présidents, deux secrétaires, l'un pour la France et l'autre pour l'étranger, un trésorier, un archiviste, et par un conseil composé de six membres résidants. Le bureau de la Société est de droit le bureau du Conseil.

Art. 6.

Le bureau est nommé à la pluralité des voix des membres présents à la séance d'élection. Tous les membres de la Société sont invités par circulaire à envoyer leur vote pour l'élection du président, qui doit être choisi parmi les vice-

présidents sortants. Les secrétaires, le trésorier et l'archiviste sont nommés pour deux ans. Le conseil est renouvelé par moitié chaque année. Les membres sortants ne sont pas immédiatement rééligibles. Les élections ont lieu dans la première séance de janvier.

Art. 7.

Les comptes des recettes et dépenses sont présentés chaque année au Conseil par le trésorier, et communiqués à la Société.

La Société, avant d'en voter l'approbation, désigne par scrutin trois membres étrangers au conseil qui en font l'examen et présentent leur rapport dans la séance suivante.

Art. 8.

La Société reçoit les dons qui sont de nature à faciliter ses travaux, et inscrit dans son *Bulletin* les noms des donateurs.

LISTE

DES

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

Au 15 Janvier 1885

Membres honoraires décédés.

MILLER (W. H.).
ADAM.
KOBELL (Fr. von).
SMITH (Lawrence).
SELLA (Q.).

Membres honoraires.

DANA (J. D.), professeur, Yale College, New Haven, Connecticut.
DOMEYKO (I.), directeur de l'École des Mines de Santiago (Chili).
KOKSCHAROW (N. von), Membre de l'Académie, Wassili-Ostrow, 9, Kadetskaja l. Saint-Pétersbourg.
LEUCHTENBERG (S. A. I. duc Nic. de), château de Stain (Bavière).
MARIGNAC (Ch. de), Professeur à l'Académie, Genève.
NORDENSKIOELD (N. E. baron), Stockholm.
RATH (Dr vom), Bonn.
ROSENBUSCH (Dr H.) Heidelberg.
SCACCHI (Dr A.), Naples.
SZABO (Dr I.), Conseiller royal, Professeur de minéralogie et géologie à l'Université, Széchényi, u 6, Buda-Pest (Hongrie).
TOPSOE (Dr H.), Professeur à l'École militaire de Copenhague (Danemark).
TSCHERMAK (Dr G.), à Vienne (Autriche).

Membres ordinaires (1).

AGUILLON, Ingénieur des Mines, 12, rue Roquépine, Paris.
m AMARAL (Fr. José de Santa Maria), mostero de S. Bento, à Rio de Janeiro.

(1) La lettre *m* indique les membres à vie, l'astérisque indique les membres décédés.

AMIOT (H.), Ingénieur des Mines, 146, boulevard Saint-Germain, Paris.

ARZRUNI (Dr) a. o. Professor a. d. Technischen Hochschule Aachen.

AUGÉ, Propriétaire de mines, 30, avenue de Toulouse, Montpellier (Hérault)

BAIRD W. (Raymond), 56, Maden Lane, New-York City.

BALGUERIE (Alfred), Ingénieur à la Cie des Chemins de fer du Midi, 84, cours du Jardin Public, Bordeaux.

BARCZYNSKI (Dr Otto), Thorn a. W. Prusse.

BARET, Pharmacien, 2, place Delorme, Nantes.

m BARROIS (Charles), Maître de conférences à la Faculté des sciences, 185, rue de Solférino, Lille.

BÉGOUEN (le Cte), 10, place Saint-François-Xavier, Paris.

BELIN (E.), Ingénieur, 23, rue Lemercier, Paris.

BEN-SAUDE (Alf.), Secção mineralogica do Museu, 113, rua do Arco a Jesus, Lisbonne (Portugal).

BERGERON (Jules), Préparateur au laboratoire de géologie de la Sorbonne, 75, rue Saint-Lazare, Paris.

BERTHAUD, Professeur de minéralogie et géologie à la Faculté de Sciences de Lyon, 24, quai Fulchiron, Lyon.

m BERTRAND (Émile), Ingénieur, 15, rue de Tournon, Paris.

BERTRAND (Marcel), Ingénieur des mines, 29, rue Saint-Guillaume, Paris.

* BILLON.

BLAKE (William P.), Professeur à New Haven, Connecticut.

BLOT (l'abbé), Missionnaire apostolique, Docteur en théologie, Docteur ès lettres, 23, avenue de Messine, Paris.

BODEWIG, Docteur en philosophie, 96, Schildergasse, Cologne.

BOMBICCI (Louis), Directeur du cabinet de minéralogie de l'Université de Bologne (Italie).

* BORICKY.

BOUCHARD (Dr), 174, rue de Rivoli, Paris.

BOUCHARDAT (Gust.), Professeur à l'École de Pharmacie, 108, boulevard Saint-Germain, Paris.

BOURGEAT (l'abbé), licencié ès sciences, Maître de conférences à la Faculté libre des Sciences de Lille.

m BOURGEOIS (Léon), Répétiteur à l'École polytechnique, Préparateur au Muséum, 23, quai de la Tournelle, Paris.

BOUTILLIER (Louis), à Roncherolles-le-Vivier, par Darnétal (Seine-Inférieure.)
BRÉON (René), Ingénieur civil, Semur (Côte-d'Or).
BRUN (A.), Pharmacien, place Saint-Gervais, Genève.
BUCKING (Dr Hugo), à l'Université de Strasbourg.
* BURAT (A.).
BUREAU (Dr Louis), Directeur du Musée d'histoire naturelle, 15, rue Gresset, Nantes.
* BUREAU (Th.).
* BYASSON.
CAIROL (Fr.), Professeur à l'institut catholique de Lyon.
CALDERON (L.), Laboratoire chimique, 14, Carretas, Madrid.
CARNOT (Ad.), Inspecteur à l'École des Mines, Paris.
CESARO (G.), 5, rue Duvivier, Liège.
CHANCOURTOIS (E. Beguyer de), Professeur de géologie à l'École des Mines, 197, boulevard Saint-Germain, Paris.
CHAPER (Maurice), Ingénieur, 31, rue Saint-Guillaume, Paris.
CHAPERON (Georges), Ingénieur-Directeur de la fabrication aux mines d'Alosno, à la Puebla de Guzman, province de Huelva (Espagne).
CHARPY (Léon), Saint-Amour (Jura).
CHAUSSAT (le Dr), Médecin de la Cie des Mines de Lavaveix-les-Mines (Creuse).
CHURCH (A. H.), Professor of chemistry, Royal Botanic Gardens, Shelsley, Kew (Surrey).
COHEN (Dr E.), Professeur à l'Université de Strasbourg.
COOKE (Josiah), Professor, Harvard College, Mass.
m CORNU (A.), Membre de l'Institut, Professeur de physique à l'École polytechnique, 38, rue des Écoles, Paris.
CORSI (Arnoldo), Ingénieur civil, 34, via Valfonda, Florence.
COSSA (Alfonso), professeur de chimie, 32, rue de l'Hôpital, Turin.
COSTA-SENA (J. da), Ingénieur des mines, Ouro-Preto, Minas-Geraës (Brésil).
CUMENGE, Ingénieur des mines, 49, rue de Rome, Paris.
CURIE (Jacques), Maître de conférences de minéralogie à la Faculté des sciences de Montpellier.
CURIE (Pierre), 8, rue Saint-Simon, Paris.
DAGINCOURT, Docteur en médecine, 1, rue Chardin, Paris.
DAMOUR, Membre de l'Institut, 10, rue Vignon, Paris.

DAUBRÉE, Membre de l'Institut, Professeur de géologie au Muséum, Directeur honoraire de l'École des Mines, 254, boulevard Saint-Germain, Paris.

DAVIES (Th.), F. G. S., British Museum, Londres.

* DELAFOSSE.

* DELESSE.

DELESSERT, 17, rue Raynouard, Paris-Passy.

DELIGNY (Victor), Attaché à la Direction technique des Mines d'Alosno, 18, rue François Ier, et 36, rue de Chaillot, Paris.

DEMARÇAY (Eug.), Docteur ès sciences, 150, boulevard Haussmann, Paris.

DES CLOIZEAUX, Membre de l'Institut, Professeur de minéralogie au Muséum, 13, rue Monsieur, Paris.

* DEVILLE (H. Sainte-Claire).

DIEULAFAIT, Professeur de minéralogie et de géologie à la Faculté des sciences de Marseille.

DIRVELL (Philippe), 8, rue de Furstenberg, Paris.

DOELTER (Dr), Professeur à l'Université de Gratz (Autriche).

DONON DE GANNES, Ingénieur, 5, rue Berryer, Paris.

DUFET (H.), Professeur agrégé, 130, boulevard Montparnasse, Paris.

ECK (Dr H.), Professor an der polytechnischen Schule, Neckarstr., 75, Stuttgart (Allemagne).

m EGLESTON, School of mines, Columbia College, Corner 49th str. and 4th avenue, New-York.

EROFEJEFF (M.), Professeur, 7, rue de la Poste, *logis* 6, Saint-Pétersbourg.

* ESMARK.

FAVRE (Alph.), Correspondant de l'Institut de France, 6, rue des Granges, Genève.

FISCHER (Dr Henri), Professeur à l'Université de Freiburg in Baden.

FIZEAU, Membre de l'Institut, 3, rue de l'Estrapade, Paris.

FONTAN (A.), Conservateur des hypothèques, Castres (Tarn).

FORIR (Henri), Ingénieur des Mines, 75, rue Haut-Lavèn, Liège.

FOUQUÉ, Membre de l'Institut, Professeur de géologie au Collège de France, 23, rue Humboldt, Paris.

m FRIEDEL (Ch.), Membre de l'Institut, Professeur de chimie organique à la Faculté des sciences, Conservateur des Collections de minéralogie à l'École des mines, 9, rue Michelet, Paris.

m FROSSARD (le Pasteur Charles), 14, rue de Boulogne, Paris.
FUCHS (Edmond), Professeur à l'École des mines, 5, rue des Beaux-Arts, Paris.
GAUTIER (F.), Ingénieur civil des mines, 90, avenue Victor Hugo, Paris.
GENCE (Alph.), à Ternuay, par Melisay (Haute-Saône).
m GOLDSCHMIDT (Dr V.), 1, Schulhof, 4, Vienne (Autriche).
GONNARD (F.), Ingénieur, 54, quai Saint-Vincent, Lyon.
GORCEIX (Henri), Directeur de l'École des Mines de Ouro Preto (Brésil).
GORDON (Dr Ant. de), Directeur de l'École d'agriculture et Professeur à l'Université royale de la Havane (Cuba).
GORGEU (Al.), 60, rue de Provence, Paris.
GOSSELET, Professeur de géologie à la Faculté des Sciences, 18, rue d'Antin, Lille.
GRAMONT (Arnaud de), licencié ès sciences, 91, rue de l'Université, Paris.
GRATTAROLA, Directeur du musée et laboratoire de minéralogie de l'Institut royal des Études supérieures, à Florence.
GREGORY (James), 88, Charlotte street, Fitzroy square, Londres.
GROTH (Dr Paul), Professeur à l'Université de Munich, 13, Schwabinger Landstrasse, Schwabing bei München.
GUYERDET, Préparateur de géologie à l'École des Mines, 36, rue Gay-Lussac, Paris.
GUYOT (E.), chemin du Parc Chaviron, à Sèvres (Seine-et-Oise).
HAUTEFEUILLE, Maître de Conférences à l'École normale, 5, rue Michelet, Paris.
HINTZE (Dr C.), 37, Lennéstr. Bonn am Rhein (Allemagne).
HUET, Ingénieur, 27, rue du général Foy, Paris.
HUGO (le comte Léopold), Ingénieur civil, 14, rue des Saints-Pères, Paris.
JAGNAUX (R.), Ingénieur chimiste, 70, boulevard Voltaire, Paris.
JANNETTAZ (Ed.), Maître de Conférences à la Sorbonne, Aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle, 9, rue Linné, Paris.
JOFFRE (J.), 60, rue de Bondy, Paris.
JOUYOVITCH (J.), Professeur à l'Université, 8, Kragujevaczka Ulica, Belgrade (Serbie).
JULIEN (A.), Professeur de géologie et de minéralogie à la Faculté des sciences de Clermont, 40, place de Jaude, Clermont-Ferrand.

JUNGFLEISCH, Professeur à l'École de pharmacie, 38, rue des Écoles, Paris.

JURKIEWICZ (Charles), Professeur ordinaire de minéralogie à l'Université impériale de Varsovie.

KLEIN (Dr Carl), Professeur à l'Université de Gœttingen (Hannover).

KLOCKE (Dr Friedr.), Professeur de minéralogie à l'Université de Marbourg.

KONINCK (Lucien de), Professeur à l'Université, 44, rue Bassenge, Liège.

KRENNER (Dr), Professeur, National Museum, Buda-Pest.

KROUSTCHOFF (Dr K. de), 52, Kaiser-Wilhelm-Strasse, Breslau.

KUNZ, 408, Garden Street, Hoboken (New-Jersey).

KUSS (H.), Ingénieur des mines, Grenoble.

LACROIX (Alfred), 6, rue Philibert-Laguiche, Mâcon, et 11, rue Cujas, Paris.

* LAMAURY.

LAGARDE, docteur ès sciences, 4, boulevard du Peyrou, Montpellier.

LANTIEZ, ancien notaire, 138, rue La Fayette, Paris.

LAPPARENT (Alb. de), Professeur de géologie et minéralogie à l'institut catholique, 3, rue de Tilsitt, Paris.

m LARTET (L.), Professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, 14, rue du Pt de Taunis, Toulouse.

LASAULX (Dr von), Professeur de minéralogie à l'Université de Bonn.

LATTEUX (Dr Paul), Chef du laboratoire d'histologie de l'hôpital Necker, Médecin de la Banque de France, 4, rue Jean-Lantier, Paris.

* LAURENCEL (Cte de).

LAVIGNOLLE, Conseiller général, château de Bescat, près Arudy (Basses-Pyrénées).

LECOQ DE BOISBAUDRAN, Correspondant de l'Institut, Cognac, ou 36, rue Prony, Paris.

LE CHATELIER (H.), Professeur à l'École des Mines, 7, rue Nicole, Paris.

LEWIS (W. J.), New Museums, Cambridge (Angleterre).

* LEYMERIE.

LIMUR (Cte de), Sous-Directeur de l'Institut des Provinces de France, hôtel de Limur, Vannes (Morbihan).

LINDSTROEM (G.), Adjoint au Riks-Museum, Stockholm.
LIPPMANN, Ingénieur, 51, rue de Chabrol, Paris.
m LIVERSIDGE, Professeur à l'Université de Sydney, New South Wales (Australie).
LORY (Charles), Correspondant de l'Institut, Professeur de géologie et de minéralogie à la Faculté des Sciences de Grenoble.
* LUDLAM (H.).
LUEDECKE (Dr Otto), Professeur à l'Université, Zinksgarten, Halle (Thuringe).
MALLARD (Ern.), Ingénieur en chef des mines, Professeur de minéralogie à l'École des mines, 11, rue de Médicis, Paris.
MASKELYNE (N. Esqre), Membre de la Chambre des Communes, 112, Gloucester Terrace, Hyde Park, Londres.
MATTIROLO (H.), Ingénieur des mines, 1, place Lagrange, Turin (Italie).
MAUROY (de), Ingénieur, Courcelles-St-Germain, par Troyes (Aube).
MEUNIER (Stanislas), Docteur ès sciences, Aide-Naturaliste au Museum, 7, boulevard Saint-Germain, Paris.
* MICAULT (Victor).
m MICHEL (Léopold), Ingénieur, 128, avenue de Neuilly (Neuilly).
m MICHEL-LÉVY (A.), Ingénieur en chef des mines, 22, rue d'Aumale (Paris).
MIEG (Mathieu), 8 *bis*, rue des Bonnes-Gens, Mulhouse.
MIERS (Henri A.), Assistant au British Museum (Histoire naturelle), Cromwell Road, South Kensington, Londres. S. W.
MIRABAUD (Paul), 29, rue Taitbout, Paris.
MÜGGE (Dr O.), Naturhistorisches Museum, Hambourg.
MUNIER-CHALMAS, Sous-directeur du laboratoire des recherches géologiques à la Faculté des Sciences de Paris.
NOBLEMAIRE, Ingénieur des mines, Directeur de la Cie P. L. M., 88, rue Saint-Lazare, Paris.
OEBBEKE (Dr K.), Privat-Docent a. d. Universitæt, 24, Karlstrasse, München.
OFFRET (Albert), Agrégé-préparateur au Collège de France, 23 boulevard Saint-Germain, Paris.
PISANI, Chimiste, 8, rue de Fürstenberg, Paris.
PLASENCIA (Dr), 29, Agniar (Havane).
m POTIER, Ingénieur des mines, 89, boulevard Saint-Michel, Paris.

m POUYANNE, Ingénieur des mines, à Alger.
REGNARD (H.), Élève à l'École des mines, 59, rue Claude-Bernard (Paris).
RENARD (le R. P.), Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles.
m RICHARD (Ad.), Préparateur à l'École des mines, 11, rue Guy-de-la-Brosse (Paris).
ROLLAND (G.), Ingénieur des mines, 23, quai Voltaire, Paris.
ROUVILLE (de), Doyen de la Faculté des Sciences de Montpellier.
ROUX (Dr Gabriel), Médecin à Ardes-sur-Couze (Puy-de-Dôme).
ROUX (Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur à l'École Centrale, 48, rue de Dunkerque, Paris.
RUTLEY (Frank), F. G. S. H. M., Geological Survey office, 28, Jermyn Str., Londres.
* SADEBECK (Dr).
m SALET (G.), Maître de conférences à la Sorbonne, 120, boulevard Saint-Germain, Paris.
m SARASIN (Ed.), rue des Granges, Genève, et 1, rue Scribe, Paris.
m SAUVAGE (Ed.), Ingénieur des mines, 4, rue Chaptal, Paris.
SAXE-COBOURG-GOTHA (S. A. I. le Prince don Pedro de), palais de São Christovão, Rio de Janeiro (Brésil).
SCHEYRER (Émile), 5, rue de Laval, Paris.
SCHRAUF (Dr Alb.), Professeur de minéralogie et Directeur du musée minéralogique, à l'Université de Vienne (Autriche).
SCHUCHARDT (Dr Théodore), Fabricant de produits chimiques à Gœrlitz (Preuss-Schlesien).
SCHULTÉN (Dr Aug. de), à Helsingfors (Finlande).
SEGOND (H.), Notaire, 2, place de la Halle, Draguignan.
SEGRÉ (Claudio), Ingénieur aux travaux des chemins de fer méridionaux, Naples (Italie).
SEHERR THOSS (le baron M. de), château d'Olbersdorf, près Reichenbach (Silésie).
SELIGMANN (G.), 18, Schlossrondel, Coblenz.
SELLE (vicomte de), Professeur de géologie et de minéralogie à l'École Centrale, 5, avenue de Villars, Paris.
SELWYN, Directeur du Service géologique du Canada Museum and office, 76, Saint-Gabriel Str., à Montréal, Canada.
SERRE (comte de), 8, rue Las Cases, Paris.
SERTINES (Durand de), Ingénieur, Almeria (Espagne).

SILVESTRI, Directeur de l'Observatoire physique de l'Etna, à Catane (Italie).

SORESCO (Thomas Al.), Ingénieur, 74, Strada Saint-George Vechin, Ploiesti (Roumanie).

SORET (Charles), Professeur de minéralogie à l'Université de Genève, 6, rue Beauregard, Genève.

STEFANESCO (G.), Directeur du Musée d'histoire naturelle, 8, Strada Verde, Bucharest.

STRUEVER, Professeur de minéralogie à l'Université de Rome.

TERRILL (William), Ingénieur, Morfa Copper Works, Swansea (Angleterre).

THOULET (J.), Professeur de minéralogie et de géologie à la Faculté des Sciences de Nancy.

TRIBOLET (Maurice de), Professeur de minéralogie à l'Académie de Neuchâtel (Suisse).

ULRICH (Dr), Ubbenstr., 8, Hannover.

UZIELLI (Gustave), Professeur de géologie et de minéralogie à l'École d'application pour les Ingénieurs, 11, place Solférino, Turin (Italie).

VANDERHEYM (Émile), Président de la Chambre syndicale des négociants en diamants et pierres fines, 44, rue Taitbout, Paris.

VELAIN (Charles), Maître de conférences à la Sorbonne, 9, rue Thénard, Paris.

VIRIEU (Cte Wilfrid de), 5, rue de la Chaise, Paris.

* VIBRAYE (marquis de).

WEBSKI (Dr Martin), Mitglied d. K. Akad. d. Wiss. Professor an der Universitæt, Oberbergrath a. D., Lützower-Ufer, 19 b. II, Berlin, W

WICHMANN (Dr A.), Professeur à l'Université d'Utrecht (Pays-Bas).

WRIGHT (Brice), 204, Regent Street, London. W. C.

WYROUBOFF (Grégoire), 18, rue Molitor, Auteuil, Paris.

YVON, Pharmacien, 7, rue de la Feuillade, Paris.

ZULINSKI (J.), Professeur à l'École normale de Lemberg (Pologne autrichienne).

Membres du Conseil de la Société.

(Année 1885)

MM. CORNU,
DES CLOIZEAUX,
DUFET,
MM. FOUQUÉ,
FRIEDEL,
WYROUBOFF.

Bureau de la Société.

(Année 1885)

MM. DE LAPPARENT, Président ;
BERTRAND, MICHEL-LÉVY, Vice-Présidents ;
JANNETTAZ, Trésorier ;
BOURGEOIS (Léon), Secrétaire pour la France ;
ROUX (L.), Secrétaire pour l'étranger ;
MICHEL (L.), Archiviste.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

ANNÉE 1885. — BULLETIN N° 1

Compte rendu de la séance du 8 janvier 1885

PRÉSIDENCE DE M. CORNU

Sont nommés membres de la Société.

MM. ALF. BALGUERIE, ingénieur de la Compagnie des chemins de fer du Midi, 84, cours du Jardin public, Bordeaux, présenté par MM. Friedel et Frossard;

BOUTILLIER, à Roncherolles, près Rouen, présenté par MM. Lacroix et Latteux;

le Dr H. BUCKING, à l'Université de Strasbourg, présenté par MM. Fouqué et Michel-Lévy ;

G. CESARO, 5, rue Duvivier, Liège, présenté par MM. Daubrée et Pisani.

Il est procédé à l'élection du Président et de deux Vice-Présidents pour l'année 1885.

Pour l'élection du Président, 9 membres présents déposent leurs bulletins ; de plus, 56 votes ont été envoyés par lettres.

Le scrutin donne le résultat suivant :

MM. DE LAPPARENT . . . . . 51 voix.
FROSSARD . . . . . 14 —

M. DE LAPPARENT est nommé Président pour l'année 1885.

MM. BERTRAND et MICHEL-LÉVY sont nommés Vice-Présidents.

La Société procède ensuite à l'élection de trois membres du Conseil en remplacement de MM. Carnot, Daubrée et Pisani, membres sortants.

MM. Cornu, Friedel et Des Cloizeaux obtiennent la majorité.

En conséquence, le Conseil est ainsi composé pour l'année 1885 : *Président*, M. de Lapparent ; *Vice-Présidents*, MM. F. Bertrand et Michel-Lévy ; *Trésorier*, M. Jannettaz ; *Secrétaire pour la France*, M. L. Bourgeois ; *Secrétaire pour l'Étranger*, M. L. Roux ; *Archiviste*, M. L. Michel ; *Membres du Conseil*, MM. Cornu, Des Cloizeaux, Dufet, Fouqué, Friedel, Wyrouboff.

M. le Président présente à la Société *Les Roches* (nouvelle édition) par M. Jannettaz et le *Traité de Paléontologie française*, de M. Stanislas Meunier.

M. Frossard présente deux brochures, l'une sur *les Marbres des Pyrénées*, l'autre sur *le Pic Péguère de Cauterets*.

M. A. de Gramont présente les observations suivantes :

Observations en réponse à la lettre de M. Ch. Soret,

Par M. A. de Gramont.

Je viens présenter à la Société quelques observations en réponse à la lettre que M. le professeur Ch. Soret a adressée à M. Cornu, au sujet d'une hypothèse que j'émettais dans une note parue dans le numéro de juillet du *Bulletin* de la Société. Après avoir constaté l'absence de pyroélectricité dans les cristaux de sulfate de magnésie et de sulfate de manganèse à sept molécules d'eau, offrant l'hémiédrie tétraédrique dans le type orthorhombique, j'avais émis l'hypothèse qu'il pouvait exister, entre les cristaux droits et gauches d'une

même substance hémièdre, une opposition de signe électrique. C'est précisément ce qui se passe pour les cristaux de pyrite et de cobaltine, qui m'avait conduit à formuler cette supposition. M. Soret pense que, si cela avait lieu, on pourrait, avec deux cristaux, l'un droit et l'autre gauche, énantiomorphes, juxtaposés suivant l'un de leurs plans de symétrie communs, extérieur aux deux cristaux, constituer une sorte d'élément thermo-électrique dans lequel tout devrait être symétrique par rapport au plan de jonction, ce qui pour le courant est contraire aux idées reçues. Je demande la permission de faire observer que, s'il existait ainsi deux variétés de signe contraire, la thermo-électricité ne paraissant avoir rien de commun avec la position des axes dans l'intérieur du cristal, on pourrait les juxtaposer d'une manière quelconque et avoir les mêmes résultats. Elles seraient absolument dans le même cas que deux substances quelconques de signe différent; je ne pense donc pas que le raisonnement de M. Ch. Soret puisse s'appliquer à mon hypothèse, qui d'ailleurs jusqu'ici n'a pas été vérifiée par l'expérience.

Remarques sur la composition de la Herdérite,

PAR MM. DES CLOIZEAUX ET DAMOUR.

Depuis la note que j'ai publiée sur l'identité optique des cristaux de Herdérite de Stoneham, État du Maine, et d'Ehrenfriedersdorf, en Saxe (1), M. Winkler a donné une analyse des cristaux des deux localités (2), en attribuant à *de l'eau* et non à du fluor la perte qu'ils éprouvent par calcination. Dans les cristaux de Stoneham, il a trouvé une

(1) *Bul. Soc. min.*, t. VII, n° d'avril 1884.
(2) *N. Jahrb. f. Min.*, t. II, 1884, p. 135.

proportion très prédominante de glucine, et dans ceux d'Ehrenfriedersdorf, à peu près autant d'alumine que de glucine.

Plus tard (1), M. Genth a essayé sur les cristaux de Stoneham plusieurs méthodes ayant pour but d'arriver à une séparation aussi complète que possible de l'acide phosphorique. Il a reconnu que cette séparation était toujours difficile, mais, conformément aux premiers résultats annoncés par M. Mackintosh, il a constaté une quantité notable de fluor, avec un peu d'humidité, 15 p. 0/0 de glucine, et seulement 0,2 p. 0/0 d'alumine

Le tableau suivant donne la comparaison des nombres obtenus par les deux chimistes :

	WINKLER.		GENTH.
	STONEHAM.	SAXE.	STONEHAM.
Acide phosphorique.	41,51	42,44	43,43
Alumine	2,26	6,58	0,20
Oxyde ferrique . . .	1,18	1,77	0,15
Glucine.	14,84	8,61	15,04
Chaux	33,67	34,06	33,65
Oxyde manganeux. .	»	»	0,11
Eau.	6,59	6,54	0,61 ?
Fluor.	»	»	8,93
	100,05	100,00	102,12
			3,76 oxyg. à retrancher.
			98,36

En présence de résultats aussi discordants, j'ai pensé qu'à défaut d'une analyse complète quelques nouveaux essais ne

(1 *Americ. Philosoph. Society*, 17 octobre 1884.

seraient pas sans intérêt, et j'ai prié M. Damour de vouloir bien les faire, sur une petite quantité du minéral que j'avais pu extraire d'un échantillon acquis par la collection du Muséum d'histoire naturelle.

Avec son obligeance habituelle, notre savant confrère a répondu à ma demande par la note suivante qui prouve que la Herdérite est bien un *fluophosphate* de chaux et de glucine très légèrement hydraté, mais qui, faute d'une quantité suffisante de matière, laisse indécise la question des proportions relatives de la glucine et de l'alumine, bases dont la séparation exacte est toujours plus ou moins imparfaite, surtout en présence de l'acide phosphorique.

« Chauffé dans le matras jusqu'au degré de fusion du verre, le minéral laisse dégager une faible quantité d'eau qui rougit fortement le papier bleu de tournesol. Le verre se trouve corrodé un peu au-dessus de la partie chauffée.

» $0^{gr},2420$ de matière chauffée dans l'appareil en platine, pour dosage direct de l'eau, ont donné au tube récipient (en verre) une augmentation de poids de $0^{gr},0070$, soit $0^{gr},0289$ pour un gramme. La faible quantité d'eau ainsi recueillie rougissait fortement le papier bleu de tournesol; le récipient en verre s'est trouvé corrodé.

» Le résidu, après cette calcination, étant traité par l'acide sulfurique dans un creuset de platine et chauffé à 250° C., a donné lieu à un dégagement d'acide fluorhydrique qui a corrodé une lame de verre placée sur l'ouverture du creuset. La calcination préalable n'avait donc pas suffi pour chasser tout le fluor contenu dans la matière.

» Le minéral ainsi attaqué par l'acide sulfurique a produit des sulfates qui se sont redissous en grande partie dans l'eau. Il est resté un dépôt de sulfate de chaux.

» La partie dissoute contenait de l'acide phosphorique, de

la chaux, de l'alumine et un peu de glucine soluble dans le carbonate ammoniacal.

» Par ces essais on a donc pu constater que la Herdérite est essentiellement composée d'acide phosphorique, de fluor, d'alumine, de glucine, d'une forte proportion de chaux et de très peu d'eau.

» J'ai trouvé, pour la densité de ce minéral, le nombre 2,98. »

Nouvel examen optique et chimique de deux oligoclases,

PAR MM. DES CLOIZEAUX ET PISANI.

On a récemment envoyé à M. Pisani, sous le nom de *pierre de soleil* de Telemark, un feldspath en masses laminaires d'un rouge de chair, mélangées de parties blanches. Sans la mesure de l'angle formé par les deux clivages principaux, $pg^1 = 93^\circ 30'$ environ, on pourrait croire que l'on a affaire à un orthose, car ces clivages n'offrent aucunes stries ou bandelettes hémitropes apparentes. Un troisième clivage, assez net, a lieu suivant m $(1\bar{1}0)$.

Quant à la matière colorante rouge, quoique répartie un peu irrégulièrement, elle ne se manifeste pas sous forme de lamelles hexagonales, comme dans la *pierre de soleil* de Tvedestrand. Aussi, la nouvelle variété ne présente-t-elle dans aucune direction les reflets aventurinés qui font rechercher celle de Tvedestrand comme pierre d'ornement.

L'examen des caractères optiques fait voir que l'oligoclase de Telemark doit être rangé parmi les variétés anomales de la première classe (1) où le plan des axes est perpendiculaire à une surface tronquant l'arête aiguë pg^1 et faisant avec la base un angle voisin de 93°.

(1) *Bul. Soc. min.*, t, VII, n° de juillet 1884. Oligoclases et andésine, par M. De Cloizeaux.

J'ai en effet trouvé :

Angle $pS = \left\{ \begin{array}{l} 94^\circ \text{ à } 94^\circ 20', \text{ d'après l'orientation dans l'angle} \\ \text{aigu } pg^1 \text{ du plan d'extinction des lames} \\ \text{normales à la bissectrice } \textit{négative}. \end{array} \right.$

Angle du plan d'extinction avec l'arête pg^1 :

$$+ \left\{ \begin{array}{l} \text{A travers } p,\ 1^\circ \text{ à } 2^\circ 30'; \\ \text{A travers } g^1,\ 10^\circ \text{ à } 12^\circ. \end{array} \right.$$

Une seule lame basique très mince m'a offert, en une plage étroite, quelques stries fines et courtes, parallèles à pg^1. La plupart des lames g^1 sont traversées par des fissures ou de longues inclusions éraillées, noirâtres, à peu près parallèles à l'arête g^1t.

Autour de la bissectrice *obtuse* négative :

$$2H_{o.r.} = \left\{ \begin{array}{l} 99^\circ\ 20' \text{ à } 54' \text{ sur une plaque;} \\ 106^\circ\ 10' \text{ sur une autre plaque.} \end{array} \right.$$

Dispersion ordinaire, $\rho > v$, visible dans les deux systèmes d'anneaux. Dispersion *horizontale?* très prononcée dans un des systèmes, douteuse dans le système opposé.

Autour de la bissectrice *aiguë* positive :

$$2H_{a.r.} = \left\{ \begin{array}{l} 91^\circ\ 40' \text{ à } 92^\circ\ 50' \text{ sur une plaque;} \\ 85^\circ\ 54' \text{ sur une autre plaque.} \end{array} \right.$$

Dispersion ordinaire, $\rho < v$, appréciable des deux côtés. Dispersion *tournante?* à couleurs vives dans un système d'anneaux, à couleurs inappréciables dans l'autre.

Comme on pouvait s'y attendre, d'après les propriétés optiques, la composition chimique de l'oligoclase de Telemark est celle des variétés à forte proportion de silice.

L'analyse de M. Pisani a fourni :

		RAPPORTS.
Silice	65,30	10,5
Alumine	23,00	3,2
Chaux	2,42	1
Soude	9,65	
Potasse	0,70	
Perte au feu	0,20	
	101,27	
Densité	2,61	

Il était intéressant de comparer à cette composition celle d'une véritable *pierre de soleil* fortement aventurinée, la variété de Tvedestrand ayant seule été analysée autrefois par Scheerer. J'ai donc remis à M. Pisani des fragments de l'oligoclase normal de Fredrikswern (n° 2 de la 3e classe du mémoire cité plus haut), et ce savant est arrivé aux résultats suivants :

		RAPPORTS.
Silice	62,25	9,3
Alumine	24,80	3,2
Oxyde ferrique	0,25	
Chaux	4,90	1
Soude	7,80	
Potasse	0,80	
Magnésie	trace	
Perte au feu	0,20	
	101,00	
Densité	2,628	

La proportion d'oxyde de fer a été recherchée avec un soin particulier, et il est étonnant de la trouver aussi faible, si l'on suppose, comme on le fait généralement, que les

nombreuses lamelles hexagonales d'un rouge brun qui communiquent au minéral son aspect aventuriné, appartiennent à l'oligiste. Il est vrai que ces lames doivent être excessivement minces, puisqu'elles sont en grande partie transparentes. Dans la *pierre de soleil* de Tvedestrand, Scheerer n'avait aussi trouvé que 0,36 p. 0/0 de Fe^2O^3.

Sur un phénomène de cristallogénie, à propos de la fluorine de la Roche - Cornet, près de Pontgibaud (Puy-de-Dôme),

Par M. F. Gonnard.

Les minéralogistes connaissent depuis longtemps les exemples d'*encapuchonnage multiple* que présentent les cristaux de fluorine du filon de la Roche-Cornet, près de Pontgibaud. Sur des plaques de quartz amorphe, de quelques centimètres d'épaisseur, se sont développées des cristallisations successives de fluorine diversement colorée ; ordinairement violette dans les masses sous-jacentes ; de même couleur ou de toute autre, et, notamment, verte pour les cristaux extérieurs. L'emboîtement se fait entre octaèdres. Souvent des dépôts quartzeux viennent s'intercaler entre deux formations de fluorine, et ils recouvrent même les cristaux de l'extérieur d'un revêtement continu, et assez adhérent, de matière cristallisée. La forme octaédrique n'est nullement masquée par ce revêtement que je n'ai pas observé sur les cubes.

C'est sur ces groupements d'octaèdres que j'ai fait l'observation que voici :

L'un d'eux est formé de la réunion de plusieurs octaèdres de fluorine violette, dont les axes ont d'ailleurs, les uns relativement aux autres, une direction quelconque. Ces octaèdres de 2 à 3 centimètres de longueur d'arêtes, sont

revêtus d'une enveloppe de quartz hyalin cristallisé d'à peu près 1 millimètre 1/2 d'épaisseur. Sur ce groupe ainsi disposé sont venus se développer ultérieurement, et çà et là, de petits cristaux cubiques de fluorine jaune de 4 à 5 millimètres de côté.

En examinant ces derniers, j'ai reconnu qu'ils n'étaient pas disposés au hasard, mais bien de façon que leurs arêtes soient parallèles aux axes de l'octaèdre qui les supporte. On voit bien nettement cette tendance dans les angles rentrants formés par les faces de 3 ou 4 octaèdres ; plusieurs petits cubes qui s'y trouvent rassemblés, et presque au contact, sont différemment inclinés, suivant qu'ils sont appuyés sur la face de tel ou tel octaèdre.

Ainsi, il y a eu de la part des molécules de la fluorine violette sous-jacente sur celles de la fluorine jaune extérieure une action directrice exercée à travers cette enveloppe quartzeuse, une orientation par influence d'éléments minéraux de forme différente, et non contigus.

Une autre observation relative à la fluorine de la Roche-Cornet, et qui, à ma connaissance, n'a pas été faite, ou, tout au moins, publiée jusqu'à présent, est la suivante :

J'ai constaté que certains octaèdres d'un vert-émeraude clair prenaient une teinte rouge lie de vin faible, quand, le soir, je les regardais à la lumière de ma lampe.

Ce phénomène ne serait donc pas une caractéristique exclusive de l'Alexandrite ! J'en signale, en tout cas, le second exemple à l'attention des minéralogistes.

Au reste, la belle teinte vert-émeraude m'a paru rare à la Roche-Cornet ; les octaèdres sont d'un vert assez pâle ou violets ; les teintes sont beaucoup plus variées pour les cubes, qui sont incolores, vert plus ou moins foncé, jaunes et même d'un beau bleu de ciel.

Note sur une hypérite à structure porphyrique de l'Amérique,

Par M. K. de Kroustchoff.

Cette roche a été recueillie par moi dans les environs de San-Diego, en Californie (port sur le Pacifique et station ordinaire des vapeurs qui circulent entre San-Francisco et Panama). Je l'ai ramassée à un demi-mille environ de cette ville sur un amas de calcaire tertiaire décomposé. Mon échantillon est tiré d'un bloc erratique (comme il paraît du moins) parfaitement arrondi par l'action des eaux, qui, même à la surface, ne paraissait que peu décomposé et dont la partie intérieure était d'une fraîcheur remarquable. A cause des grands cristaux noirâtres distribués çà et là, cette roche offre une structure parfaitement porphyrique.

Examen macroscopique. — Dans une pâte grisâtre, grenue, d'un aspect saccharin, mouchetée de taches noires, on aperçoit :

1° Grands cristaux de 2 à 3 centimètres d'un feldspath, développés suivant la face g^1, d'une couleur très foncée, chatoyants et à reflets bleuâtres. Sur la face prédominante g^1 on reconnaît le clivage p et un autre moins parfait probablement suivant une direction voisine de h^1 ; M. Des Cloizeaux (1) mentionne un clivage de ce genre chez certains orthoses chatoyants qu'on a nommés pierres de lune. Ce feldspath a d'ailleurs une ressemblance frappante avec certaines éléolithes de la Suède.

2° Les parties irrégulières du même aspect se rapportent également à ce feldspath.

3° Des lamelles blanchâtres, d'une forme irrégulière, finement striées et miroitantes d'un plagioclase.

(1) *Manuel de Minéralogie*, p. 329.

4° Des mouches noires ou, très rarement, des fragments de 2 millimètres d'un minéral pyroxénique.

5° La pâte est composée de mouches du minéral pyroxénique noyées dans d'abondants granules feldspathiques.

Examen microscopique. — Au microscope la structure est franchement granitique et elle rappelle plutôt celle d'un granite ancien que celle d'une hypérite, dans la catégorie de laquelle, d'ailleurs, cette roche doit être rangée. L'élément prédominant est un plagioclase strié en grands débris irréguliers de seconde consolidation, pressés les uns contre les autres, qui paraissent avoir moulé ou même corrodé les grands cristaux porphyriques du feldspath de première consolidation. Celui-ci et un grand nombre de plages de la pâte sont remplis d'une abondante poussière opaque, tandis que d'autres en sont complètement dépourvues. A un grossissement de 1,400 diamètres cette matière se résout en paillettes très minces, ovales et rondes, noires opaques ou d'un brun rouge, alignées en traînées parallèles suivant deux directions différentes : les plus grosses généralement suivant le plan du clivage p, les autres suivant la trace du plan h^1 sur la face g^1. Pourtant la substance feldspathique elle-même est parfaitement fraîche, d'un aspect hyalin comme les sanidines des roches trachytiques.

Grands cristaux porphyriques de feldspath. — L'extinction maximum de la masse dominante, rapportée à la trace du plan de clivage p, qui est très marquée par les traînées de la matière pulvérulente, à travers g^1, est de $+ 12° 8'$; mais elle donne des ondulations plus ou moins prononcées et son maximum est parfois difficile à fixer d'une manière précise. Malheureusement je n'ai pu obtenir de lames suivant la base par clivage, parce que, dans cette direction les cristaux sont excessivement minces. Pourtant dans une section sensiblement parallèle à la base, l'extinction fait avec l'arête

pg^1 un angle très petit de $+1°$ à $2°$. Parallèlement à l'arête mg^1, à travers g^1, ce feldspath offre des coins ou bandelettes très étroites à structure fibreuse, très serrée parfois ou disséminées çà et là. L'extinction qui, à cause de l'état fibreux de ces inclusions, ne peut pas être appréciée nettement, s'y fait avant la masse dominante.

L'analyse de fragments bien choisis m'a fourni les proportions suivantes :

Silice.	65,17	
Alumine.	21,04	
Chaux.	1,20	
Oxyde de fer.	0,74	Traces de :
Magnésie	0,04	TiO^2, MO.
Potasse	1,70	
Soude.	9,20	
Perte au rouge	0,80	
Somme.	99,89	
Densité.	2,659	

D'après ces données, on peut conclure que ce plagioclase appartient à la première classe de M. Des Cloizeaux et présente un mélange voisin de $Ab_5\ An_1$.

Pour déterminer la substance en paillettes qui remplit ce feldspath, j'ai essayé d'appliquer ma méthode spectrale (1).

I. La poudre du feldspath, traitée avec l'acide fluorhydrique ne donne aucun résidu insoluble.

II. De la poudre mêlée avec du charbon et ensuite traitée au rouge par le chlore sec ont résulté des électrodes dans lesquelles j'ai pu reconnaître la présence de Si, Al, Fe et Ti.

III. La poudre très fine a été traitée à chaud par l'eau régale; la solution filtrée et ensuite évaporée n'a laissé

1) Cf. *Bulletin* n° 7.

qu'une petite trace d'un résidu brunâtre, dans lequel j'ai observé, par voie de l'analyse spectrale, la présence du fer, du titane et du manganèse.

Malheureusement, ces résultats ne sont pas assez caractéristiques pour trancher la question sur la nature de ces interpositions.

Cristaux en débris de la pâte. La plupart des plagioclases qui constituent la pâte sont composés d'un système de bandes hémitropes suivant la loi de l'albite; les autres avec deux systèmes de stries perpendiculaires sont mâclés suivant la loi de l'albite et du péricline. Dans un certain nombre de sections appartenant à la zone perpendiculaire à g^1, caractérisées par ce fait que les lamelles hémitropes s'éteignent symétriquement de part et d'autre de la ligne de mâcle, les extinctions ont lieu sous un angle de 21° 8′ (moyenne de 30 observations). Mais il y en a aussi quelques autres plaques qui donnent des extinctions symétriques de 13° 5′ (maximum; moyenne de 20 observations) seulement.

L'isolement mécanique complet de ce feldspath ne m'a pas réussi, de sorte que je n'ai pu l'analyser séparément.

Diallage. Le pyroxène monoclinique offre des sections irrégulières d'un vert pâle; aux clivages *mm* s'ajoute une lamellisation suivant le plan h^1; l'extinction fait un angle de 40° avec cette direction. Le pléochroïsme est presque nul : vert pâle suivant $\mathfrak{c}$, vert végétal suivant $\mathfrak{a}$. Des grains arrondis et des petits cristaux assez bien développés, de la même couleur, sans lamellisation et sans dichroïsme apparent ressemblent beaucoup plus à un augite ordinaire qu'à un diallage (salite?)

Hypersthène. Le pyroxène orthorhombique, au contraire, est doué d'un pléochroïsme très prononcé : les rayons qui vibrent suivant l'axe du prisme sont vert olive, les rayons

vibrant parallèlement à a et b sont rose brunâtre ou jaunâtre. Les extinctions coïncident avec les traces des clivages. Quelques-unes des sections offrent des marques de décomposition; elles ont alors un aspect fibreux et une ressemblance évidente avec la protobastite de M. Streng.

L'amphibole, qu'on doit considérer comme accessoire, se présente en rares lambeaux éraillés d'un vert d'olive foncé; il se distingue facilement des pyroxènes, auxquels il est juxtaposé sans relation cristallonomique apparente, par son absorption excessivement forte et par le petit angle de ses extinctions.

Quelques rares paillettes d'un rouge brun peuvent être rapportées au *mica magnésien.*

Tous ces quatre minéraux colorés sont intimement associés et juxtaposés en groupes, mais sans relations cristallographiques. Les grands cristaux de feldspath et ces groupes déterminent la structure porphyrique de la roche.

Ni le diallage, ni l'hypersthène ne contiennent les inclusions qui leur sont ordinairement si caractéristiques; mais ils ont quelquefois les mêmes interpositions opaques ou brunes que les feldspaths; celles-ci sont tantôt plus grosses et disséminées çà et là, tantôt elles forment des traînées poudreuses; la plupart des sections cependant sont complètement dépourvues d'inclusions.

Le fer oxydulé se trouve dans tous les éléments en forme de grains, ou rarement en sections rectangulaires. Après avoir traité la coupe mince par de l'acide chlorhydrique, on aperçoit encore quelques parties noires insolubles, ou du moins difficilement solubles. Dans les particules noires extraites au moyen d'un aimant de la roche pulvérisée, j'ai constaté, outre le fer, beaucoup d'acide titanique : presque 17 p. 0/0, de sorte que cette matière pourrait bien être une magnétite titanifère.

L'apatite offre quelques sections arrondies ou des cristaux courts, tronqués et difformes. Elle est criblée d'inclusions minuscules gazeuses et à bulles mobiles; elle apparaît très en relief sur les autres éléments, à cause de son indice élevé. Son ancienneté est bien apparente, car elle est moulée par tous les autres minéraux.

La roche que nous avons étudiée appartient évidemment à la classe des norites ou hypérites sans péridot. Elle est essentiellement composée de plagioclases, d'un bisilicate orthorhombique et de diallage. Les deux pyroxènes sont à peu près en proportions égales. Les éléments accessoires sont la hornblende, l'apatite, le fer oxydulé titanifère et très peu de mica magnésien. La pâte est un agrégat grenu de feldspaths tricliniques. La structure est franchement porphyrique. Par conséquent on pourrait désigner cette roche sous le nom de hypérite porphyroïde sans péridot.

Sur la pyroélectricité de la Topaze,

PAR MM. C. FRIEDEL ET J. CURIE.

Les données les plus contradictoires ont été publiées sur la pyroélectricité de la topaze. Haüy avait indiqué que les deux extrémités des cristaux présentaient, en général, des pôles opposés, ce qui est d'accord avec la dissymétrie qu'il a fait connaître et qu'on rencontre sur quelques échantillons.

Erman n'admit pas l'existence d'un axe de pyroélecticité parallèle à l'axe du prisme; d'après lui, l'une des électricités aurait régné sur l'axe et sur ses parallèles, tandis que l'autre aurait eu son siège partout à la périphérie. Il trouva d'ailleurs de très grandes différences d'intensité dans les propriétés pyroélectriques des topazes des diverses localités.

M. Hankel remarqua outre un axe pyroélectrique parallèle à celui du prisme, une distribution électrique suivant laquelle il y aurait eu ce qu'il appelle des axes non polaires, c'est-à dire terminés par des pôles de même nom, parallèlement aux deux autres axes de symétrie des cristaux. Sur les fragments de cristaux du Brésil, l'axe polaire parallèle à celui du prisme aurait disparu d'après lui.

Riess et G. Rose nièrent l'existence de ce dernier. Ils considérèrent aussi l'électricité négative qui s'observe sur les arêtes aiguës du prisme comme accidentelle et admirent l'existence de pôles centraux. La topaze aurait, d'après eux, possédé deux axes opposés, parallèles à la petite diagonale, ayant leurs pôles négatifs (par refroidissement) réunis au centre du cristal et leurs deux pôles positifs sur les arêtes obtuses, aux extrémités de la petite diagonale.

Ils expliquaient par des « blessures » des cristaux les nombreuses anomalies qu'eux-mêmes avaient remarquées à la règle posée par eux.

M. Hankel, revenant sur le même sujet, dans un travail très étendu, publié en 1870, arrive à des conclusions qui manquent un peu de netteté. Il étudie la distribution électrique sur les faces des cristaux des diverses localités en les chauffant et en les laissant refroidir, enveloppés de limaille métallique, à la réserve de la face ou de la région sur laquelle il voulait expérimenter. Il décrit longuement les résultats observés sur les divers cristaux étudiés par lui, mais ne formule aucune règle générale relative à la position des axes de pyroélectricité. Cependant, si l'on cherche à résumer ses observations, on trouve que généralement les arêtes *h* sont positives, les arêtes *g* négatives, et les extrémités tantôt de même signe, tantôt de signe contraire.

Confondant d'ailleurs, comme il a continué malheureu-

sement à le faire, la thermoélectricité des cristaux avec leur pyroélectricité, il formule les conclusions suivantes :

1° La thermoélectricité des cristaux n'a pas pour condition essentielle l'hémimorphisme, mais est probablement une propriété générale des cristaux.

2° Comme dans les cristaux non hémimorphes les deux extrémités d'un même axe sont cristallographiquement égaux, ils doivent aussi se comporter de même au point de vue électrique, c'est-à-dire montrer la même polarité.

3° La distribution de l'électricité sur les cristaux non hémimorphes dépend, outre la structure moléculaire, de la forme extérieure et peut être modifiée par les changements de celle-ci.

4° De même que l'hémimorphisme constitue dans la cristallographie une exception, l'existence d'axes polaires, c'est-à-dire ayant des pôles différents à leurs deux extrémités, en est aussi une. Sur les cristaux hémimorphes, au moins autant qu'on peut le conclure des observations faites jusqu'ici, le changement de la forme extérieure ne donne lieu à aucun changement qualitatif de la distribution électrique. Celle-ci est donc une conséquence de la dissymétrie moléculaire.

Comme on le voit, indépendamment de ces conséquences générales, sur lesquelles nous aurons à revenir, la topaze restait comme une exception singulière au milieu des substances pyroélectriques.

L'un de nous a fait voir (2) que la topaze possède un axe de pyroélectricité parallèle à l'axe du prisme. Il avait alors déjà émis l'opinion que les observations contraires de Riess et Rose pouvaient avoir été faites sur des cristaux mâclés, comme la topaze en offre souvent.

(1) T. IX des *Abhandlungen der mathematisch physischen Classe der konigl. sachsischen Gesellschaft der Wissenschaften.* Leipzig.

(2) Friedel. *Bulletin de la Société minéralogique,* t. II, p. 31, 1879.

Nous avons repris l'étude de cette question afin d'expliquer ces divergences et certaines anomalies que nous avions remarquées dans nos expériences. Nous avons opéré en général, en déposant le cristal sur un petit support métallique en communication avec la terre et en amenant la face voulue en contact avec une demi-sphère métallique chauffée et suspendue au-dessus de lui par un fil métallique fin, en communication avec deux des secteurs de l'électromètre Thomson-Mascart. On évite ainsi les effets pouvant être dûs au frottement.

D'autres fois, nous avons, pour éviter mieux encore ceux-ci, déposé le cristal sur une lame métallique isolée et en communication avec l'électromètre, recouvert la face opposée à celle qui était en contact avec le métal d'une feuille d'étain, et amené cette dernière en contact avec la demi-sphère chauffée, elle-même en communication avec la terre. Les résultats obtenus des deux manières sont concordants. Il n'est pas nécessaire d'ajouter qu'il faut toujours s'assurer à l'avance que le cristal n'est pas chargé d'électricité ; l'on ne peut pas, en général, faire plusieurs expériences de suite sur un même cristal.

On ne peut pas se contenter de saisir le cristal avec une pince, de le chauffer, puis après l'avoir laissé refroidir pendant quelque temps, d'approcher ses diverses parties de la sphère métallique ou d'un fil en communication avec l'électromètre. On obtient bien ainsi des indications très énergiques, mais leur signe varie avec les points par lesquels on tient le cristal, la pince métallique agissant soit comme un corps conducteur qui décharge ces points, soit en les refroidissant plus rapidement que le reste du cristal. Ce fait montre que le procédé expérimental de M. Hankel, qui consiste à chauffer et à laisser refroidir le cristal partiellement entouré de limaille métallique, laisse fortement

prise à la critique et est peu fait pour donner des résultats comparables avec ceux obtenus dans des conditions de refroidissement ou d'échauffement plus simples. »

Axe parallèle à l'axe du prisme. — Nous avons commencé par reprendre les expériences faites par l'un de nous aux deux extrémités de l'axe. Nous avons opéré surtout sur de nombreux fragments de clivage de topaze jaune du Brésil. Nous avons constaté de nouveau qu'il existe un axe de pyroélectricité dirigé parallèlement aux arêtes du prisme. Dans quelques cas pourtant nous avons trouvé des pôles de même signe aux deux extrémités du fragment. En clivant celui-ci, nous avons pu, le plus souvent, le diviser en parties ayant sur leurs deux bases des polarités opposées.

Ainsi, par exemple, nous avons examiné un cristal de topaze jaune du Brésil présentant un sommet et une face de clivage; ces deux extrémités étaient négatives par refroidissement.

Après avoir clivé la topaze par le milieu, nous avons trouvé que l'un des morceaux était devenu régulièrement pyroélectrique, c'est-à-dire que ses extrémités étaient maintenant des signes électriques opposés. L'autre fragment avait conservé ses deux extrémités de même signe, quoique avec des intensités très différentes. Les deux faces de clivage qui étaient primitivement en contact se sont montrées de signes opposés.

Nous avons observé des faits analogues sur plusieurs cristaux.

Nous pensons que ce fait peut s'expliquer par des mâcles parallèles à la base ; celles-ci, si elles existaient, ne se révèleraient ni au point de vue cristallographique, ni par les propriétés optiques, mais seulement par une identité de signe électrique sur les deux bases, qui explique aussi celle des bases accolées. Nous ferons observer que dans les

cristaux pyroélectriques mâclés, tels que la boracite, les extrémités de même signe des axes de pyroélectricité des cristaux élémentaires composants viennent se mettre en regard; ce sont en effet pour la boracite les petites diagonales des rhombes, qui aboutissent trois par trois aux angles trièdres du pseudo-dodécaèdre rhomboïdal.

Pour les topazes incolores et roulées du Brésil, nous avons trouvé une pyroélectricité beaucoup moins énergique. Sur certaines lames, elle était même presque insensible. Assez souvent, les deux faces sont de même signe. Nous avons réussi plusieurs fois, en enlevant sur le tour d'opticien une couche du minéral d'une épaisseur d'un demi-millimètre ou d'un millimètre, à changer le signe d'une des extrémités et à avoir des plaques ayant la polarité régulière.

M. Hankel a fait une observation analogue sur des topazes de Saxe et d'Adun-Tchilon.

Il semble donc bien prouvé que l'on ait affaire à des tranches retournées bout pour bout. Il se pourrait même que la très faible pyroélectricité de certaines variétés de topaze tînt à de pareilles mâcles répétées un grand nombre de fois.

Nous allons voir que, si elles existent, ce ne sont pas les seules, et qu'il en est d'autres en relation avec les propriétés électriques des cristaux qui sont révélés par l'examen optique.

Sur le petit nombre d'échantillons terminés aux deux sommets que nous avons pu examiner, nous avons opéré, en chauffant le cristal dans une étuve jusqu'à 100 ou 120°, et nous avons déterminé le signe électrique dans diverses parties, en le laissant refroidir à l'air, suspendu par son milieu au moyen d'un fil de platine très mince. Nous avons donné plus haut les raisons pour lesquelles il n'est pas

prudent de tenir le cristal avec des pinces pouvant altérer la distribution de l'électricité, soit par leur conductibilité, soit par le refroidissement qu'elles font subir aux régions du cristal qu'elles touchent.

Nous avons trouvé tantôt les deux extrémités de même signe, et plus fréquemment négatives pour les cristaux jaunes du Brésil, tantôt de signes opposés.

La rareté et le prix élevé de ces cristaux complets ne nous a pas permis de les cliver pour constater l'existence de la mâcle intérieure, qui ne nous paraît néanmoins pas douteuse d'après les faits précédents.

Axes horizontaux. — L'axe vertical de pyroélectricité n'es-pas le seul qui existe dans la topaze, au moins dans cer taines variétés.

En faisant des expériences sur les fragments de topaze du Brésil, nous avons trouvé des dispositions variables et en apparence contradictoires. Habituellement, les arêtes situées aux deux extrémités d'une même diagonale sont de même signe, et parfois tout le pourtour du cristal présente la même électricité.

En examinant ces fragments dans la lumière polarisée parallèle, nous avons reconnu, comme cela a été indiqué par Brewster, par M. Des Cloizeaux et M. Mallard, que leur structure est loin d'être homogène.

Quelques cristaux sont partagés en quatre plages séparées sensiblement suivant les diagonales de la base rhombe. L'extinction n'a pas lieu simultanément sur ces plages, et les plans d'extinction font de petits angles égaux de part et d'autre de la petite diagonale.

Plus souvent le cristal est partagé en cinq ; il y a une bordure plus ou moins large correspondant aux quatre plages dont nous venons de parler et une partie centrale rhombique dans laquelle l'extinction est régulière.

En lumière convergente, on voit souvent plusieurs systèmes d'anneaux voisins les uns des autres et qui témoignent évidemment de l'existence de mâcles multiples et de superpositions de lames cristallines diversement orientées. Cette superposition fournit sans doute aussi l'explication la plus simple des variations bien connues dans l'écartement des axes.

Les portions relativement multiples du cristal ne sont elles-mêmes pas encore d'une structure parfaitement homogène. En effet, tantôt, sur une même portion séparée du cristal, on aperçoit des anneaux multiples ayant leurs centres sur la même droite, ayant par conséquent des écartements différents ; tantôt des axes de même écartement orientés d'une manière un peu différente, de façon que les plans des axes font entre eux un petit angle. Dans ce dernier cas, on observe parfois des phénomènes qui ressemblent beaucoup à ceux de la dispersion croisée.

Nous avons pensé que les anomalies présentées par la pyroélectricité des cristaux de topaze pouvaient être en relation avec cette structure complexe et nous avons cherché à opérer sur des portions de cristal non mâclées.

Nous avons trouvé des cristaux, en nombre trop petit malheureusement, dont les dimensions étaient assez grandes pour que nous ayons pu les faire scier suivant leurs plans de jonction. Nous avons obtenu, en opérant sur les fragments séparés, des résultats réguliers qui nous permettent d'affirmer l'existence d'un axe horizontal de pyroélectricité au moins, sans toutefois pouvoir encore déterminer exactement sa position, et de faire disparaître cette anomalie apparente des pôles centraux, avec des axes de pyroélectricité ayant leurs deux extrémités de même signe.

Nous avons fait scier une topaze jaune du Brésil, pré-

sentant une portion centrale et une bordure formée de quatre segments s'éteignant simultanément deux à deux. Nous l'avons fait diviser, autant que possible, suivant les plans de jonction, et nous avons eu ainsi un prisme central à base rhombe et quatre prismes périphériques à base de parallélogrammes.

Nous avons opéré successivement sur les six faces de chacun de ces cinq prismes. Nous avons d'abord constaté que tous les cinq avaient un axe de pyroélectricité parallèle à leur hauteur et que toutes les faces qui se trouvaient originairement situées sur une même base du cristal étaient positives par échauffement, toutes les faces opposées étant négatives dans les mêmes conditions.

Sur les faces latérales nous avons trouvé que toutes les faces internes des petits prismes à base de parallèlogramme étaient positives par échauffement, de même que les facettes adjacentes aux arêtes *g* du prisme intérieur lorsqu'on les replaçait dans leur position primitive. Les faces externes et celles plus petites adjacentes aux arêtes *h* du prisme intérieur étaient négatives.

Quant au prisme intérieur, deux faces adjacentes à l'une des arêtes *g* étaient positives, les deux autres étaient négatives.

Il semblerait donc qu'il y eût dans la portion extérieure des axes de pyroélectricité parallèles à la petite diagonale, négatives à l'extrémité extérieure par échauffement, positives à l'extrémité intérieure ; c'est-à-dire quelque chose comme les pôles centraux de Riess et Rose.

Dans le prisme central, au contraire, l'axe de pyroélectricité semble être parallèle à la grande diagonale et traverser tout le prisme. Nous n'avons pas retrouvé jusqu'ici de cristal dans lequel nous ayons pu séparer ainsi cinq portions distinctes d'une dimension suffisante.

Nous en avons fait scier deux autres dans lesquels, la portion centrale disparaissant à peu près, la portion périphérique formait quatre prismes triangulaires. Nous y avons fait faire, outre les sections parallèles à g^1 et à h^1 qui divisaient le prisme primitif en quatre, des facettes parallèles à ces mêmes faces g^1 et h^1 sur la partie extérieure du cristal.

Ici encore et pour les deux cristaux, qui nous ont donné des résultats tout à fait concordants, nous avons trouvé que les quatre petits prismes avaient des axes de pyroélectricité parallèles à leurs hauteurs et ayant tous leurs extrémités positives sur les bases correspondant à une même base du cristal complet.

Pour l'un des cristaux les faces extérieures parallèles à *m* étaient négatives, celles intérieures positives par échauffement. Il en était de même des faces taillées aux extrémités des grandes et des petites diagonales extérieurement, les faces internes étant positives

Il semblerait que l'axe de pyroélectricité serait là plutôt perpendiculaire aux faces *m* avec une extrémité négative par échauffement, sur la face extérieure, et une extrémité positive au centre du cristal.

Pour l'autre cristal, les faces extérieures g^1 étaient négatives, les faces intérieures parallèles à g^1 positives ; les faces h^1 très faiblement électriques. Les axes de pyroélectricité seraient donc dirigés parallèlement à la grande diagonale avec leur extrémité négative sur la partie externe du cristal et leur extrémité positive à l'intérieur.

On voit, d'après ces expériences, qui ont été répétées plusieurs fois, avec la précaution d'opérer autant que possible sur le milieu desfaces latérales pour éviter l'influence des extrémités et ont toujours donné les mêmes résultats, que dans les portions de cristal non mâclées, il existe des

axes de pyroélectricité horizontaux, dont la direction n'a pas pu être déterminée avec certitude faute de cristaux assez grands et assez purs, mais qui ont, comme cela doit avoir lieu régulièrement, deux pôles de noms contraires à leurs extrémités.

Nous avons vérifié l'existence de ces axes de pyroélectricité horizontaux en cherchant, suivant le procédé de MM. J. et P. Curie, si les cristaux donnent lieu à un dégagement d'électricité polaire quand ils sont comprimés latéralement.

En comprimant l'une des quatre portions découpées dans un cristal de topaze, on a constaté un dégagement d'électricité polaire assez faible lorsque la compression est faite perpendiculairement à g^1. On en a obtenu un beaucoup plus fort en comprimant parallèlement à l'axe vertical ; le dégagement d'électricité a été très marqué sur les deux bases; un peu moins fort, mais bien plus que dans la compression parallèle à g^1, sur les faces g^1.

Sur les cristaux incolores limpides du Brésil, nous n'avons pas trouvé d'axes horizontaux de pyroélectricité.

Nous concluons des faits qui viennent d'être exposés, qu'il existe, dans les cristaux de topaze, une direction ou axe vertical de pyroélectricité ; l'intensité de l'électricité développée est variable dans les divers échantillons; sur certains échantillons les deux extrémités de l'axe sont de même signe ; ces différences d'intensité ou de signes peuvent s'expliquer par l'existence de lames hémitropes superposées.

Il existe également, sur certains échantillons, au moins un axe horizontal de pyroélectricité. Pour le mettre nette-

ment en évidence, il faut diviser suivant leurs plans de mâcles les cristaux formés de portions optiquement distinctes. Celles-là sont alors régulièrement pyroélectriques et piézoélectriques. Il n'est pas encore possible, d'après le petit nombre d'échantillons examinés, de définir nettement la position horizontale de l'axe de pyroélectricité. Sa disparition sur certaines variétés semble pouvoir s'expliquer aussi par des groupements particulaires.

Comment ces résultats peuvent-ils se mettre d'accord avec la symétrie cristalline de la topaze ?

Un axe de pyroélectricité s'accorde sans difficulté avec la symétrie orthorhombique ; il laisse subsister un axe et deux plans de symétrie. Deux axes de pyroélectricité supposés tous deux parallèles à deux des axes de symétrie du type holoédrique font disparaître tout axe de symétrie et ne laissent plus qu'un plan de symétrie passant par les deux axes de pyroélectricité. C'est là une symétrie qui approche plus de celle du type clinorhombique que de celle du type orthorhombique. Mais les phénomènes optiques observés sur certains échantillons de topaze semblent s'accorder aussi plutôt avec la symétrie clinorhombique, ou, comme le dit M. Mallard (1), avec celle d'un réseau clinorhombique presque orthorhombique.

Si le deuxième axe de pyroélectricité était différent d'un des axes de symétrie de la forme orthorhombique p. ex., perpendiculaire aux faces *m*, il ne resterait plus ni axe ni plan de symétrie.

(1) *Explication des phénomènes optiques anomaux.* Paris 1877.

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 1299-5.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

ANNÉE 1885. — BULLETIN N° 2

Compte rendu de la séance du 12 février 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE LAPPARENT

M. le Président annonce une présentation.

Il fait part de la perte de M. le Dr Fr. KLOCKE, professeur à l'Université de Marbourg, membre de la Société, décédé le 17 juin, ainsi que de celle de M. J. SILLIMAN, auteur de la publication de l'*American Journal of Science*.

M. Em. Bertrand fait la communication suivante :

Sur l'examen des minéraux en lumière polarisée convergente.

PAR M. E. BERTRAND.

L'examen des minéraux en lumière polarisée convergente est d'une grande utilité pour l'étude de la minéralogie. Lorsque l'écartement des axes optiques, dans l'intérieur du cristal ne dépasse pas 70° environ, on peut, avec une lame taillée perpendiculairement à la bissectrice aiguë, voir les courbes d'interférence dans le champ des appareils employés jusqu'à présent; mais, dans un grand nombre de minéraux, les axes optiques sont trop écartés pour que le phénomène puisse se voir dans le champ du microscope, même avec une lame taillée perpendiculairement à la bissectrice aiguë; et, suivant la bissectrice obtuse, aucun minéral ne peut être examiné directement. On a recours alors à l'examen dans la cuve à huile. En inclinant la lame

successivement de chaque côté de la bissectrice, on voit, l'un après l'autre, chacun des systèmes de courbes.

On peut voir cependant directement dans le champ du microscope les courbes d'interférence dans tous les minéraux taillés perpendiculairement à la bissectrice aiguë, et même, généralement, perpendiculairement à la bissectrice obtuse; il suffit, comme je le fais, d'employer un objectif et un éclaireur d'un grand angle d'ouverture.

Avec cet objectif et cet éclaireur adaptés au microscope que j'ai décrit autrefois (1), j'ai pu voir très facilement les courbes d'interférence dans l'anglesite, l'axinite, l'épidote, le péridot, etc.

Dans bien des cas il est inutile de tailler le minéral, un clivage suffit; ainsi les feldspaths, adulaire, albite, labrador, oligoclase, clivés parallèlement à la face g^1, montrent les axes optiques dans le champ du microscope, et se distinguent facilement les uns des autres, un clivage d'anorthite parallèle à g^1 ne montre qu'un système d'anneaux; l'anorthite et le labrador clivés parallèlement à la face p montrent un système d'anneaux.

La vivianite, qu'il est presque impossible de tailler perpendiculairement à la bissectrice aiguë, présente un clivage g^1 très facile. Ce clivage est perpendiculaire à la bissectrice obtuse, et les deux systèmes de courbes se voient facilement dans le champ du microscope.

Il en est de même pour le clivage p de la célestine, pour le clivage facile g^1 de l'anhydrite.

Un clivage de calcite montre la croix et les anneaux de côté, mais bien visibles dans le champ de l'appareil; il devient alors inutile de tailler le cristal.

Une lame naturelle d'atacamite, un cristal de calamine,

(1) *Bulletin de la Société minéralogique de France* (année 1878, page 27 et année 1880, page 97).

qui sont généralement aplatis suivant une face perpendiculaire à la bissectrice obtuse, n'ont pas besoin d'être taillés ; il suffit de les examiner tels qu'ils se présentent.

On peut, comme avec des lames perpendiculaires à la bissectrice aiguë, observer le signe, la dispersion, et mesurer, approximativement au moins, l'écartement des axes, avec le réticule divisé qui se trouve dans l'oculaire.

Lorsque le minéral que l'on examine n'a pas un indice de réfraction très élevé, il suffit d'employer l'eau comme liquide d'immersion; pour les minéraux d'indice élevé, il vaut mieux employer la naphtaline bromée, ou tout autre liquide de fort indice.

Les courbes d'interférence se voient très facilement dans l'anhydrite dont l'angle obtus des axes optiques dépasse 136°. J'espère arriver à augmenter encore notablement le champ de l'appareil.

Les dispersions se voient par cette méthode plus facilement et plus sûrement qu'avec la cuve à l'huile.

On peut employer pour ces observations le microscope polarisant ordinaire à lumière convergente, il suffit de changer la dernière lentille de l'éclaireur et la dernière lentille de l'objectif.

Note à propos de ma communication sur la fluorine de la Roche-Cornet, près de Pontgibaud (Puy-de-Dôme.)

PAR M. F. GONNARD.

Depuis la communication que j'ai faite à la Société sur la fluorine de la Roche-Cornet, j'ai reçu, à ce sujet, une lettre de M. le professeur von Lasaulx.

Ce savant me fait remarquer que le phénomène de cristallogénie, décrit par moi, a été plusieurs fois déjà l'objet

d'observations de la part de divers minéralogistes. C'est ainsi, dit-il, qu'il y a bien longtemps, Gustave Rose a fait mention des soi-disant quartz de Babel sur la fluorine du Cumberland. Récemment, il y a cinq ou six ans, M. Hirschwald a cité des cristaux de soufre natif recouvert de croûtes quartzeuses enveloppées elles-mêmes par d'autres cristallisations de soufre formées ultérieurement, et dont les individus sont orientés suivant la direction des premiers. En décrivant ce phénomène, M. Hirschwald fait ressortir cette influence directrice des molécules cristallines, déposées les premières, sur celles d'une même substance, de formation plus récente, même à distance.

Enfin, M. von Lasaulx m'apprend qu'il a constaté le même fait de cristallogénie que moi sur des échantillons de fluorine, qu'il a rapportés de la Roche-Cornet.

J'ignorais les observations de MM. Hirschwald et von Lasaulx, et je prie ce dernier d'agréer mes remerciements pour l'obligeance qu'il a eue de vouloir bien m'en faire part.

Sur des sables à monazite de Caravellas, province de Bahia (Brésil).

PAR M. H. GORCEIX.

La présence du cérium et des métaux qui se trouvent ordinairement avec lui a déjà été signalée dans un grand nombre de minéraux qui, au Brésil, accompagnent le diamant dans ses gisements d'alluvion.

M. Damour a signalé l'existence des oxydes de ces métaux dans ces fragments roulés, formés presque complètement d'alumine avec un peu d'acide phosphorique, qui constituent les *favas* des mineurs et qu'ils considèrent, dans

la région de Diamantina, comme un des satellites les plus constants du diamant. J'ai retrouvé ces mêmes terres dans des concrétions analogues où domine l'acide titanique.

Dans les graviers diamantifères du haut Jéquitinhonha, province de Minas-Géraës, dans ceux des gisements de Salobro, province de Bahia, j'ai indiqué la fréquence des cristaux de monazite de couleur jaune de miel, donnant, par simple réflexion au spectroscope, les bandes d'absorption caractéristiques du didyme. A Salobro, ces cristaux, formant presque un tiers des résidus de lavage, sont à peine roulés et se présentent avec les faces les plus ordinaires de la monazite.

Mais le gisement le plus important de cette substance existe près de Caravellas, province de Bahia, où elle formerait des bancs de sable. Les échantillons, qui m'ont été remis par M. Derby, directeur de la Section de Géologie au musée de Rio-de-Janeiro, se présentent sous la forme de sables à grains jaunes, brillants, mélangés à un peu de fer titané.

Ce dernier étant enlevé avec soin, au moyen d'un électro-aimant et d'un triage final, le sable examiné au microscope paraît homogène ; pourtant quelques grains sont blancs et, après préparation en plaques minces, les uns donnent des axes très rapprochés, comme dans certaines monazites ; dans d'autres l'aspect rappellerait plutôt une croix disloquée, ce qui semblerait déjà indiquer l'existence de deux substances différentes, mélange que l'analyse confirme; leur densité est de 5,1.

La matière réduite en poudre fine, est chauffée avec de l'acide sulfurique, desséchée, puis reprise par l'eau légèrement acide. Il reste une matière non attaquée, formée de silice et de zircone. Dans la partie soluble, les oxydes de cérium et de didyme sont précipités par l'acide oxalique;

les oxalates calcinés sont transformés en azotates et la séparation du cérium et du didyme a été effectuée par fusion à 360° avec l'azotate de potasse, par le procédé indiqué par M. Debray, qui a bien voulu me guider dans ce travail. L'analyse complète donne à ces sables la composition suivante :

SiO^2	3.4	9.7 (1)
ZrO^2	6.3	
CaO		1.1
PhO^5		25.7
CeO		28.0
DiO + LaO (?)		35.8
		100.3

En tenant compte, seulement pour la partie attaquée par l'acide sulfurique, de l'acide phosphorique et des oxydes de cérium, de didyme et de lanthane, on trouve :

PhO^5	28.7
CeO	31.3
DiO + LaO (?)	39.9
	99.9

Ce qui correspondrait à la formule

$$PhO^5, 3\,[CeO, DiO, LaO\,(?)]$$

exigeant :

PhO^5	30
CeO + DiO + LaO	70

Les sables de Caravellas seraient donc formés de fer titané, de zircon et de monazite riche en didyme. L'analyse

(1) Partie non attaquée par l'acide sulfurique.

de cette dernière substance diffère de celles déjà publiées par la proportion considérable d'oxyde de didyme qu'elle indique. Cette substance avait déjà été signalée dans des monazites de Slatoust, et si, dans cet essai, la quantité d'oxyde de cérium est moindre que celle indiquée par divers auteurs, cette différence provient probablement de ce qu'une partie du didyme avait été dosée jusqu'à présent avec cette terre (1). Une analyse analogue m'a prouvé que, dans les monazites d'Arendal, la proportion du didyme était, comme pour celle du Brésil, supérieure à celle du cérium.

Sur un hydrocarbonate de plomb (hydrocérussite) de Wanlockhead (Écosse).

PAR M. A. LACROIX.

Au mois de septembre dernier, mon excellent ami, M. Wilson, m'a fait recueillir sur les haldes de la mine de Wanlockhead, en Dumfriesshire (Écosse), un minéral blanc nacré qui avait attiré son attention depuis longtemps, et qui n'a fait, je crois, l'objet d'aucune publication.

Il se présente en écailles nacrées, extrêmement minces, tapissant les cavités de la galène, du quartz ou recouvrant la plumbocalcite aux dépens de laquelle il semble s'être formé.

Je n'ai pu recueillir que deux échantillons présentant des lames suffisamment transparentes pour être étudiées au microscope. En lumière polarisée convergente, on voit que la substance est assez biréfringente à un axe négatif.

On ne peut distinguer aucune forme géométrique, mais des traces de clivage.

(1) Ce travail a été fait au laboratoire de recherches de l'École Normale supérieure.

Traitées par les acides, ces petites écailles se dissolvent avec effervescence et la solution donne les réactions du plomb.

Chauffées dans le tube fermé, elles dégagent de l'eau et perdent leur acide carbonique ; elles sont alors transformées en un squelette rouge orangé d'oxyde de plomb.

Bien que j'aie eu à ma disposition plus de trente échantillons de cette substance, je n'ai pu en isoler une quantité suffisante pour effectuer une analyse quantitative.

Ces diverses propriétés optiques et chimiques rapprochent ce minéral de l'hydrocérussite décrite par Nordenskiöld (1) et étudiée optiquement par M. Bertrand (2). L'hydrocérussite de Langban n'a pu être analysée quantitativement. M. Bertrand a bien voulu me montrer ses préparations d'hydrocérussite de Suède : leur biréfringence est à peu près la même que celle des échantillons de Wanlockhead.

M. Bertrand possède deux fragments de galène, supportant de petites écailles blanches analogues à celles qui font l'objet de cette note. Ces échantillons proviennent d'une collection achetée à un ancien ingénieur d'Huelgoat. Il serait intéressant de rechercher dans les collections et les gisements français si l'on n'y trouverait pas ce minéral, afin d'en connaître exactement la composition.

Sur la plumbocalcite de Wanlockhead (Écosse).

PAR M. A. LACROIX.

Johnston a décrit sous le nom de plumbocalcite un carbonate de chaux plombifère, provenant de la « High Pirn mine » de Wanlockhead, en Dumfriesshire. Ce minéral se

(1) *Geologiska Foreningens* de Stockholm, vol. III, n° 12, mai 1877.
(2) *Bull. soc. Minér.* t. IV, 1881, p. 87.

présentait en rhomboèdres simples ou en masses cristallines.

J'ai recueilli récemment, et je dois à l'obligeance de M. Wilson un assez grand nombre d'échantillons de ce minéral, provenant, soit de la High Pirn mine, depuis longtemps abandonnée, soit des haldes de diverses autres exploitations récentes ou anciennes de cette même localité. Parmi ces échantillons se trouvent diverses variétés différant de l'ancienne plumbocalcite.

J'ai étudié successivement les variétés suivantes :

a. Petits rhomboèdres accompagnés de vanadinite sur quartz (haldes de la High Pirn mine).

b. Masses cristallines et gros rhomboèdres à éclat gras très fragiles (High Pirn mine).

c. Masses cristallines et scalénoèdres rosés-opaques, très fragiles.

d. Masses d'un blanc laiteux et scalénoèdres, toujours fortement corrodés et semblant avoir été superficiellement dissous.

e. Petits scalénoèdres d^2 $(20\bar{3}1)$ jaune ambré. Toutes ces variétés, taillées parallèlement à la base, font voir un axe optique négatif et par suite ne se distinguent pas de la calcite. Les anneaux sont souvent brouillés, par suite des pénétrations multiples se traduisant par une grande irrégularité et une courbure presque constante du clivage; aussi la mesure de l'angle *pp* est-elle difficile et donne des résultats peu sûrs. Une lame de clivage *p* $(10\bar{1}1)$ donne en lumière parallèle des extinctions calcédonieuses.

La plumbocalcite se dissout avec effervescence dans les acides étendus comme la calcite. La solution précipite abondamment par l'hydrogène sulfuré et l'iodure de potassium.

L'analyse m'a donné en centièmes pour les cinq variétés indiquées plus haut,

	a	*b*	*c*	*d*	*e*
Carbonate de chaux.	90.5	96.9	97.3	96.5	91.8
Carbonate de plomb.	9.5	3.1	2.7	3.5	8.2
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

On connaît en outre trois analyses de cette espèce : *f* (Delesse), *g* (Hauer), *h* (Johnston).

	f	*g*	*h*
Carbonate de chaux.	97.61	92.43	92.2
Carbonate de plomb.	2.31	7.74	7.8
Perte au feu.	0.05		
	100.00	100.00	100.0

La valeur de l'angle de clivage *pp* et la densité prise sur les échantillons que j'ai analysés, m'ont donné :

	pp.	*densité.*
(*a*)	105°1′	2,74
(*b*)	104°57′	2,725
(*c*)	104°44′	2,72
(*d*)	104°31′	2.73
(*e*)	104°97′	2.74

Les valeurs angulaires données par les divers auteurs qui ont étudié la plumbocalcite sont : 105°7′ (Johnston), 104°54′ (Brewster), 105°5 (Breithaupt-Dufrénoy), 105° (Kenngott).

On voit qu'il n'y a rien de constant dans la composition et les valeurs angulaires de ce minéral. Il y a là un mélange d'un ordre spécial; car l'examen microscopique et les dissolvants chimiques sont impuissants à opérer la séparation du carbonate de chaux et du carbonate de plomb, qui, bien que non isomorphes, cristallisent en proportions variables dans un même cristal.

Sur les formes et les propriétés optiques de la barytine de Romanèche.

PAR M. A. LACROIX.

La barytine est assez abondamment répandue dans la mine de Romanèche. J'en ai recueilli un grand nombre d'échantillons. MM. Chamussy, ingénieurs de la mine, ont bien voulu mettre à ma disposition les cristaux qu'ils avaient trouvés eux-mêmes.

La barytine se rencontre associée à l'hématite avec quartz (en petits cristaux jaunes) ou la psilomélane (en très petits cristaux incolores). Le caractère de tous ces cristaux est d'être aplatis suivant *p* : quelques-uns sont allongés suivant la petite diagonale de la base.

Les formes observées sont les suivantes :

p (001), *m* (110), h^1 (010), g^1 (100), g^2 (310), a^2 (012), e^1 (101), $b^1/_2$ (111), e_2 (312).

Les combinaisons que j'ai recueillies sont :

pm, pma^2. — Très gros cristaux atteignant parfois $4^{cm},5$ d'arête, d'un beau jaune de miel, quelquefois complètement opaques, par suite d'un nombre considérable d'inclusions ferrugineuses. — Petits cristaux incolores et transparents.

pmg^1e^1, pma^2e^1, pma^2, $g^1g^2e^1$ e_2. — Petits cristaux transparents, incolores ou jaunâtres.

$pma^2g^1e^1$. — Petits cristaux dont le centre est formé par un cristal *pm* opaque.

pmg^1, $pm^1a^2e^1$, pme^1a^2 $b^1/_2$. — Petits cristaux allongés suivant pg^1.

Indépendamment de ces formes nettes, l'on rencontre des lames très aplaties suivant *p* et groupées parallèlement à

l'arête d'allongement pg^1. Ces lames sont dépolies à leur surface ; leurs angles sont arrondis et elles se terminent souvent en pointes effilées. Elles sont accompagnées de fluorine.

L'on a également trouvé sur de petits cônes de psilomélane (pseudomorphoses probables de scalénoèdres de calcite) des cristaux octogones, transparents, à angles arrondis, sur lesquels on distingue parfois les prismes mh^1g^1. Ils sont aplatis suivant p. Cette dernière face est toujours brillante. Les angles sont tronqués par de petites facettes arrondies indéterminables. Le centre de ces échantillons est toujours occupé par un petit cristal pm opaque. Ils sont rarement simples ; ils se groupent en rosette, avec une des faces du prisme pour face de jonction. Il n'est pas rare de trouver plusieurs de ces cristaux groupés autour d'un seul individu central pm.

Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (100), la bissectrice est positive et normale à h^1 (010) — $\rho < \upsilon$.

L'écartement des axes mesuré dans une plaque parallèle à h^1, a donné (gros cristal jaune de miel) :

2 E rayons jaunes.	65°28′	12° c.
	69°22′	50°
	74°40′	75°
	76°24′	100°
	77°54	150°
	79°20′	200°
	81°58′	250°
	82°3″	300°

Si l'on xamine en lumière parallèle une lame très mince taillée parallèlement à p ou à m, dans un des gros cristaux opaques cités plus haut, on voit une fine dentelle d'inclusions dendritiques d'hématite et de gœthite décrivant des

courbes nombreuses et variées, au milieu desquelles se trouvent de très petits cristaux prismatiques. Ils sont peu biréfringents et se sont formés en général autour d'un petit noyau ferrugineux. Leur petitesse n'a pas permis d'en déterminer la nature.

On remarque en outre des cubes incolores, assez volumineux, imparfaitement isotropes, qui ne sont autres que des cristaux de fluorine. Il est facile de s'en assurer en traitant deux grammes de barytine par l'acide sulfurique concentré dans un creuset de platine. Il se dégage des vapeurs d'acide fluorhydrique qui corrodent le verre. De même que ces cristaux impurs, les cristaux transparents contiennent de la fluorine ainsi que des inclusions aqueuses et des cavités à gaz.

Sur deux variétés de gœthite de Chizeuil et de Romanèche (Saône-et-Loire).

PAR M. A. LACROIX.

La gœthite n'a jamais été, à ma connaissance, signalée à Chizeuil (Saône-et-Loire).

Elle s'y trouve, soit en masses fibreuses faciles à briser d'un beau brun chocolat, ou d'un jaune de laiton à éclat métalloïde, soit en petites stalactites servant de gangue aux cristaux de Volnyne, que j'y ai trouvés récemment (1).

La densité est : 4.32

L'analyse a donné pour sa composition centésimale :

Sesquioxyde de fer.	87.0
Eau.	13.0
	100.0

(1) *Bull. soc. minér.* 1884, n° 3.

Ce minéral semble devoir être rapporté à la variété de gœthite désignée sous le nom de *Lepidocrocite.*

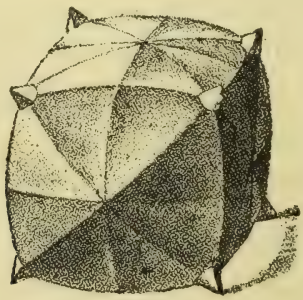
J'ai fréquemment rencontré à Romanèche de petites géodes d'hématite tapissées par un enduit velouté brun marron, s'écrasant sous le doigt.

J'y ai reconnu la présence d'un peu d'oxyde de manganèse, mais je n'ai pu en réunir suffisamment pour pouvoir le doser. C'est encore une variété de gœthite, qui présente la plus grande analogie avec la sammetblende de Przibram.

Note sur un diamant du Cap.

PAR M. ÉD. JANNETTAZ.

Cette pierre, d'une forme curieuse, a été donnée au Muséum d'Histoire naturelle par son possesseur, M. Taub, à la sollicitation de notre collègue, M. Émile Vanderheym. C'est, comme le montre la figure qui le représente, un hexatétraèdre surbaissé, que ses faces infléchies de chaque côté de leur ligne de symétrie ou de plus grande pente font évidemment passer à un hexoctaèdre, mais en s'arrondissant de manière à empêcher des mesures précises.



Le cristal est d'une assez belle eau, incolore, et brille de cet éclat gras, superficiel, qui caractérise les diamants bruts.

L'intérêt particulier de celui qui fait l'objet de cette note, consiste dans l'addition de petits cristaux en pyramides un peu informes qui se dressent sur tous les angles hexaédriques correspondant à ceux du cube dans l'hexoctaèdre. Cette conformation a quelque analogie avec celle que j'avais remarquée sur des petits cristaux d'alun, obtenus par l'évaporation d'acide chlorhydrique bouillant où je les avais dissous. Il s'était d'abord formé dans l'acide un précipité grenu au moment où il était revenu à la température ambiante ; mais après vingt-quatre heures de repos, les petits grains du précipité s'étaient rassemblés en cristaux de forme cubique dont les arêtes étaient saillantes, par rapport au milieu des faces. La structure de ce diamant nous semble prouver qu'il a dû se constituer dans un milieu pâteux.

M. Taub sait qu'il provient du Cap ; mais il ignore si c'est un diamant de rivière ou s'il a été recueilli dans les mines si connues.

Note sur l'analyse de la Buratite du Laurium.

PAR M. ÉD. JANNETTAZ.

Un assez grand nombre de beaux échantillons de cette matière ont été donnés au Muséum d'Histoire naturelle, par notre collègue, M. Huet.

La Buratite du Laurium se trouve en petites houppes soyeuses à peine adhérentes aux parois des cavités de la gangue dans les fameuses mines du Laurium, dont il a été déjà plusieurs fois question dans le *Bulletin* de la Société. Ces houppes sont formées par l'agglomération de petits cristaux aciculaires, d'un vert pâle, parfois bleus à leur extrémité, à toucher onctueux comme celui du talc, souvent salis par de très petits cristaux de pyrite. Nous avons ob-

servé, M. Des Cloizeaux et moi, qu'entre deux nicols croisés, sous le microscope à lumière parallèle, ils rétablissent la lumière, mais qu'ils s'éteignent assez obliquement par rapport à leur longueur. J'en ai analysé quelques décigrammes à la demande de M. Des Cloizeaux.

Ils ont perdu, après une calcination d'une heure, à la température d'un bon bec Bunsen, 30,2 0/0 de leur poids, dont 15,45 0/0 ont été absorbés par une dissolution de potasse caustique avec les précautions ordinaires. Le cuivre a été dosé, d'après le procédé de M. Pisani, à l'état de protoiodure, et dans une seconde opération, à l'état d'oxyde après précipitation de la dissolution dans l'eau régale par le carbonate de soude. La première méthode a donné 18,07 0/0; la seconde 19,39; mais il est probable que dans cette dernière le poids du cuivre a été augmenté d'une certaine quantité d'oxyde de zinc. Enfin, le zinc a été précipité à l'état de carbonate, calciné et pesé comme oxyde. En définitive, j'ai obtenu les résultats suivants :

Acide carbonique	15.45	30.20
Eau	14.75	
Protoxyde de cuivre		18.07
Oxyde de zinc		50.45
Résidu		0.50
		99.22

Observations sur les relations cristallographiques et optiques de la barytocalcite dans la série des carbonates, des azotates et des chlorates.

PAR M. ER. MALLARD.

M. MALLARD communique à la Société une remarque complétant ce qu'il a dit, dans un mémoire récemment publié par le *Bulletin*, sur les analogies qui existent entre

les propriétés cristallographiques et optiques des carbonates, des azotates et des chlorates.

La *baryto-calcite* cristallise dans le système clinorhombique.

La substance possède trois directions de clivages parallèles aux faces *m* et *p*. On a :

$$mm = 106^{\circ}54' \qquad pm \text{ ant.} = 102^{\circ}54' \quad \text{(Des Cl.)}$$

Les angles de ces clivages sont donc voisins de ceux de la calcite, dans laquelle on a :

$$pp = 105^{\circ}5'$$

La bissectrice aiguë négative, dirigée dans le plan de symétrie, fait avec la face *p* en avant, un angle égal à 41°8′ environ (Des Cl.). L'angle des axes dans l'air est de 23°, le plan des axes étant perpendiculaire au plan de symétrie. La biréfrigence est très énergique. L'axe optique négatif unique de la *calcite* fait avec la face *p*, perpendiculaire au plan de symétrie, un angle égal à 45°23′.

Le baryto-calcite est donc, cristallographiquement et optiquement, très voisine de la calcite.

M. Mallard a déjà montré (1) qu'il en est de même du chlorate de potasse clinorhombique pour lequel on a :

$$b^1/_2\, b^1/_2 = 104^{\circ}22' \qquad pb^1/_2 = 105^{\circ}35' \quad \text{(Ramm.)}$$

dont la bissectrice négative est dirigée suivant l'axe de ce pseudo-rhomboèdre ; le plan des axes étant perpendiculaire au plan de symétrie, et l'écartement des axes dans l'air étant de 28° environ. La double réfraction est très énergique, comme dans tous les chlorates, les carbonates et les azotates.

(1) *Bull. Soc. Min.*, VII, 353 (1884).

La baryto-calcite (1) vient donc former un nouveau trait de rapprochement entre les deux familles des azotates, des chlorates et des carbonates, si profondément dissemblables au point de vue de la composition chimique, si complètement analogues cependant, non seulement au point de vue cristallographique, mais, ce qui est plus remarquable encore, au point de vue optique.

En terminant, M. Mallard fait remarquer que les propriétés optiques de la baryto-calcite ont été jadis observées par M. Des Cloizeaux en taillant des lames perpendiculaires à la bissectrice, ce qui est une opération assez délicate. Grâce au très important perfectionnement apporté par M. Émile Bertrand au microscope à lumière convergente, et dont celui-ci vient d'entretenir la Société, rien n'est plus facile que d'observer en quelques instants les propriétés optiques dont il s'agit. Il suffit en effet de tailler une lame parallèle au clivage *p*, ce qui est très aisé. On voit alors sous le nouveau microscope les lemniscates se montrer avec une parfaite netteté vers le bord du champ. Il n'est pas douteux que l'appareil dont les infatigables recherches de M. Bertrand viennent encore de doter la science, ne soit appelé à rendre à la cristallographie les services les plus considérables.

M. Fouqué présente le mémoire suivant :

Sur quelques minéraux du Rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont-Dore).

PAR M. K. OEBBEKE.

Je dois à l'obligeance de M. le professeur Groth quelques échantillons de roches qu'il a récoltés au Rocher du Capucin et dans le Riveau-Grand (Mont-Dore) et qui méri-

(1) M. Groth avait fait remarquer d'autre part *(Tab. Ubersicht der Min.)* l'analogie entre la forme cristallographique de la baryto-calcite et celle de l'azotate double d'argent et de soude de M. Friedländer.

tent un intérêt spécial parce qu'ils contiennent différents minéraux dont il m'a été permis d'étudier les caractères cristallographiques.

M. von Lasaulx a déjà décrit les propriétés microscopiques et chimiques de la roche du Capucin dans ses études pétrographiques sur les roches volcaniques de l'Auvergne et l'a reconnue comme trachyte (1). L'échantillon que j'ai sous les yeux répond, en ce qui concerne l'extérieur en général, à la description donnée par M. von Lasaulx. Quant à la hornblende, je n'ai pu l'y trouver ni à l'œil nu, ni au microscope. Un feldspath triclinique y est très répandu, de même que la biotite ; ce dernier mica est souvent en partie ou entièrement transformé en un agrégat de grains noirs et opaques, de sorte qu'il n'y a que les contours de la biotite qui prouvent sa présence originaire, fait qu'on a souvent observé, non seulement dans la biotite, mais aussi dans la hornblende. Il ne m'a pas été possible de décider si la hornblende existait autrefois dans cette roche et si elle avait subi une transformation pareille à celle qu'on a trouvée dans les roches du Riveau-Grand, ni si les grains noirs opaques étaient des magnétites ou un silicate très ferrugineux (2). Il est certain que ces masses noires sont fortement attaquées par l'acide chlorhydrique.

Contrairement au feldspath, les grains augitiques verdâtres sont presque sans inclusions et montrent tout au plus aux bords ou le long des fissures une étroite bordure noire ou d'un noir brunâtre, résultat d'une action chimique quelconque.

Des petites sections hexagonales ou prismatiques d'un gris bleuâtre mentionnées par M. von Lasaulx ont été aussi souvent observées comme inclusions dans les feldspaths, dans

(1) *Neues Jahrb. f. Mineral*, etc., 1871, p. 706.

(2) Becker, *Neues Jahrb. f. Mineral*, etc , 1883, II, p. 1.

les pyroxènes et dans le magma (Grundmasse) de la roche du Capucin.

Dans ce dernier magma on les trouve également en plus grands cristaux qui possèdent la forme et les propriétés de l'apatite. Malheureusement il m'a été impossible d'isoler quelques-uns de ces petits cristaux, afin de les examiner à l'aide des procédés micro-chimiques. En traitant la poudre de la roche par l'acide azotique, et après en avoir soigneusement éliminé l'acide silicique soluble, j'ai, en ajoutant une solution de molybdate d'ammoniaque, facilement obtenu la réaction bien connue de l'acide phosphorique.

La tridymite, comme élément microscopique, a déjà été signalée par MM. Fouqué et Michel-Lévy (1).

C'est l'abondance d'un feldspath triclinique qui nous oblige à déterminer la roche examinée comme andésite à mica noir et non comme trachyte, quoiqu'il ne soit pas impossible qu'on trouve un véritable trachyte à d'autres endroits du rocher du Capucin.

L'andésite jaunâtre clair à structure granuleuse (körnig) renferme quelquefois des ségrégations d'un noir violâtre, décrites par M. Gonnard (2), et « au voisinage desquelles, ou même au sein de leur masse, mais à l'œil nu, on observe de petits grenats rougeâtres... Enfin, il faut signaler également parmi les membres de cette association minéralogique qui compte la tridymite, l'hypersthène, le zircon, la Cordiérite, la Breislakite, le grenat, des octaèdres microscopiques de magnétite. » Au microscope on reconnaît que cette masse violâtre est composée de Cordiérite, de grenat et de magnétite, comme l'a déjà démontré M. le professeur Cohen, qui a étudié les échantillons rapportés

(1) *Minéralogie micrographique* p. 184.
(2) *Bull. Soc. minéralogique*, II, p. 151.

par M. le professeur Groth. Celui-ci a eu la bonté de me communiquer la notice suivante :

« Ces ségrégations d'un noir violâtre se trouvent assez rarement dans la roche claire, mais je suis parvenu cependant à en trouver plusieurs d'un diamètre de plus de 10 centimètres, lesquelles étaient entièrement parsemées d'agrégats lamelleux de tridymite dont les cristaux tapissaient les nombreuses cavités de la masse violâtre. Une telle ségrégation trouvée dans un grand rocher du Capucin vis-à-vis des Bains du Mont-Dore m'a semblé mériter un intérêt spécial. Elle possède une structure schisteuse et est composée de couches riches en cordiérite, contenant des grenats visibles à l'œil nu, alternant avec des couches de couleur claire essentiellement formées de tridymite. Ces couches alternantes n'ont pas partout la même épaisseur, elles présentent parfois la forme lenticulaire; bref, la section rappelle la structure d'une roche gneissique. Une de ces couches blanchâtres et lenticulaires se compose au centre d'une masse granuleuse de quartz limpide, entourée et pénétrée de tridymite. On dirait que cette dernière n'est qu'un résultat de transformation du quartz et que les grains de quartz distribués dans la tridymite ne sont que les restes non altérés du minéral original. J'ai réussi à détacher les parties quartzeuses d'avec les parties adhérentes, et j'ai donné le meilleur échantillon à la collection minéralogique de Strasbourg. Par suite de cette observation, il me semble permis d'établir l'opinion que ces parties violâtres, riches en tridymite (roche à tridymite, Gonnard), ne sont que des enclaves d'une roche cristalline ancienne, riche en cordiérite et en grenat dont le quartz a donné naissance à la tridymite.

» Mais il faut qu'une telle opinion soit prouvée par des études plus détaillées que celles qu'il m'a été possible de

faire pendant mon séjour trop court dans cette région intéressante. »

J'ai examiné l'hypersthène qu'on trouve dans les cavités de la masse violâtre et qui n'a pas été trouvé dans l'andésite elle-même.

Un cristal d'une longueur d'environ $1^{mm},5$ et d'une épaisseur d'environ $\frac{3}{4}$ de millimètre, peu translucide, d'un brun verdâtre foncé montre la combinaison suivante :

$$g^1 = 010\ (\infty P\breve{\infty})$$
$$h^1 = 100\ (\infty P\bar{\infty})$$
$$m = 110\ (\infty P)$$
$$g^3 = 210\ (\infty P\bar{2})$$
$$a_3 = 211\ (2P\bar{2})$$
$$a^{1/2} = 201\ (2P\bar{\infty})$$
$$p = 001\ (0P)$$

Les faces h^1 g^1 sont larges, les faces m sont peu développées et les faces g^3 encore moins, les premières donnent des images assez bonnes, les dernières, surtout g^3, ne donnent que des reflets; a_3 et $a^{1/2}$ sont petites, les images de a_3 ne sont pas bonnes, mais celles de $a^{1/2}$ sont très bonnes. Dans la zone g^1a_3 et $a_3a^{1/2}$, on remarque des facettes qui donnent de très mauvaises images, de sorte que les mesures des angles de ces faces sont seulement approximatives. Les unes s'observent entre g^1 et a_3 tant à gauche qu'à droite, l'autre seulement d'un côté de $a^{1/2}$. Angles observés :

Face adjacente à g^1	118° 43′
Face adjacente à $a^{1/2}$	169 23

TABLEAU N° 1

HYPERSTHÈNE DU ROC DU CAPUCIN — Angles observés — DES CLOIZEAUX (1)	VOM RATH (2)	OEBBEKE	HYPERSTHÈNE DU LAC DE LAACH — Angles calculés — VOM RATH (3)	BRONZITE DE BREITENBACH — Angles calculés — V. *v.* LANG (4)	HYPERSTHÈNE DE l'« Aranyer Berg » — Angles observés — KRENNER (5)
h^1g^1 —	—	90° moy.	—	—	90°
mm sur h^1 91 32′ 30″ moy.	—	91°14′ »	91°40′	91°44′	91 56
mh^1 135 27 30 »	—	135 39 »	*135 50	*135 52	135 56
mg^1 134 6 15 »	134°18′ (4′)	134 13 »	134 10	134 8	—
g^1g^3 —	—	153 2 »	152 46	152 54	—
mg^3 —	—	161 15 »	161°24′30″	161 14	—
$h^1a^{1\backslash 2}$ —	—	139 36 »	—	—	—
—	—	139 33 calc.	—	—	—
$a^{1\backslash 2}a_1$ —	—	159 52 moy.	—	—	—
—	—	159 43 calc	—	—	—
pg^1 —	—	90 1 moy.	—	—	—
ma_3 opp	—	—	*105 42	—	—
e^2e^2 sur p 187 43 »	—	—	—	*148 8	—

(1) *Man. de minéralogie,* additions, t. II, p. 16.
(2) *Poggendorf's Annalen* 152, p. 27.
(3) — — 138, p. 529 et Ergänzungsband V, p. 443
(4) — — 139, p. 315 » *Sitzungsber. d. Wiener Akad.* LIX, 1869.
(5) *Zeitschrift f. Krystallogr.*, IX, p. 255.

On peut constater les couleurs suivantes de polychroïsme ;

Suivant γ — vert olive foncé.
Suivant β rouge clair brunâtre.
Suivant α moins clair que suivant β.

Absorption : $\gamma > \alpha > \beta$.

Outre la forme décrite ci-dessus, il y a encore des cristaux presque microscopiques d'hypersthène d'un brun rougeâtre qui montrent le même développement que ceux trouvés dans la roche du Riveau-Grand. La seule différence

entre eux et ces derniers est que les premiers n'ont pas subi d'altérations aux bords.

MM. les professeurs Bücking et von Lasaulx ont eu la bonté de me confier les échantillons du Rocher du Capucin qui se trouvent dans les collections de Strasbourg et de Bonn. Dans les cavités de ces roches d'un gris bleuâtre « une sorte de domite caverneuse » (Des Cloizeaux), on reconnaît très bien les cristaux d'hypersthène comme les a décrits M. Des Cloizeaux, mais la roche elle-même ne ressemble pas à la roche jaunâtre dans laquelle M. Groth a trouvé les ségrégations mentionnées ci-dessus.

Le roches du Riveau-Grand sont, à l'état frais, d'un gris bleuâtre; si elles sont altérées, elles possèdent une couleur rougeâtre pâle. Ce sont les cristaux de sanidine qui atteignent deux centimètres de longueur qui leur donnent un aspect trachytique. A l'œil nu, on reconnaît de petits hexagones de rubellane et des prismes noirs allongés de hornblende. Au microscope se voient de plus des cristaux de première consolidation d'un feldspath triclinique, d'un pyroxène verdâtre, de péridot souvent entouré d'une bordure noire, de magnétite et d'apatite. Le pyroxène est souvent transformé en une masse fibreuse dont la biréfrigence est très faible. Le feldspath triclinique n'est pas si fréquent que dans la roche du Capucin.

Dans les parties caverneuses on peut remarquer de beaux cristaux de hornblende, d'hypersthène, de pseudobrookite, d'hématite, de magnétite et de tridymite.

La hornblende est déjà signalée par M. von Lasaulx (1) dans un grand nombre de roches de l'Auvergne par exemple dans les laves du Puy de Louchadière, des environs du Pariou, du Puy de Montchié, de Durbize et Rigolet haut, du Puy Capucin et du ravin des Egravats, etc. En ce dernier

(1) *Loc. cit.*, 1878, page, 707 : 1871, pages 683, 693, 704, 707, 709 : 1872, page 178.

endroit, il a souvent rencontré des cristaux de hornblende bien conformés, prismatiques, noirs, luisants, irisés, présentant l'angle caractéristique de clivage.

J'ai trouvé la hornblende sous trois formes :

a) En cristaux prismatiques noirs luisants, d'un millimètre de longueur au plus, sur $0^{mm},1$ à $0^{mm},5$ de largeur.

b) En longs cristaux rougeâtres qui, en général, ont la proportion de 1 : 60 jusqu'à 1 : 120 et qui atteignent une longueur de 5 millimètres; souvent ils sont excessivement fins. Entre les formes décrites en *a* et en *b*, il y a des transitions graduelles. Çà et là on voit une séparation bacillaire (« stengelig ») dans le sens de la longueur et les cristaux de hornblende apparaissent alors comme des agrégats d'aiguilles fines juxtaposées, phénomène déjà décrit par M. von Lasaulx (1) dans les cristaux microscopiques.

c) En cristaux d'une couleur jaunâtre clair ou jaune d'or et des formes mentionnées en *b*).

La hornblende du premier type offre la combinaison suivante :

(2)	$m =$	m	110	∞P
	$b =$	g^1	010	$\infty P\grave{\infty}$
	$a =$	h^1	100	$\infty P\bar{\infty}$
	$c =$	g^2	130	$\infty P\grave{3}$
	$c =$	p	001	$0P$
	$r =$	$b^{\frac{1}{2}}$	$\bar{1}11$	P
	$z =$	$e^{\frac{1}{2}}$	021	$2P\grave{\infty}$
	$i =$	$b^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{4}} g^1$	$\bar{1}31$	$3P\grave{3}$

(1) *Loc. cit.*, 1871, p. 713.
(2) Franzeneau : Amphibol des Aranyer Berges, *Zeitschr. f. Krystallogr.*, etc. VIII p. 568.

Les faces prismatiques sont plus ou moins striées. Les faces de *m* sont prédominantes, *a*, *b*, et surtout *e* sont très étroites. Les images de *c* et *r* sont bonnes, celles de *z* et *i* sont moins bonnes. Les faces de *i* ne sont que très peu développées.

TABLEAU N° 2.

HORNBLENDE du RIVEAU-GRAND		HORNBLENDE de L' « ARANYER BERG »	
Angles observés		Angles observés	Angles calculés
OEBBEKE		FRANZENEAU	
$\bar{1}11 : \bar{1}31$	155°34′	155°27′	155°27,2′
$\bar{1}11 : \bar{1}\bar{1}1$	148 40	*148 22	148 22
$1 : 021$	150 31	150 26	150 24,2
$: \bar{1}11$	145 50	145 32	145 26,8
$: 110$	103 5	103 28	103 31,6
$\bar{1}10 : \bar{1}11$	111 28	111 1	111 1,7
$110 : \bar{1}10$	55 58	* 55 44	55 43,8
$: 130$	151 30 appr.	150 15 appr.	150 6

Les couleurs de polychroïsme sont très nettes :

Suivant γ jaune brunâtre avec une teinte verdâtre.
Suivant β jaune brunâtre avec une nuance rougeâtre.
Suivant α jaune brunâtre.

Absorption : $\gamma > \beta > \alpha$.
L'angle *c* : γ, 19° environ.

b) Outre les formes mentionnées ci-dessus sous *a*), on peut probablement constater dans la hornblende du deuxième type le prisme $q = h^3 = 210\ (\infty P\bar{2})$.

Les faces du prisme, quoique fortement striées, donnent

des images assez bonnes, elles sont très prédominantes. *e* et *q* sont très étroites et *r*, *c*, *z*, *i*, sont excessivement petites, toutes ces dernières faces ne donnent que des reflets. Les cristal le plus gros que j'aie mesuré a un diamètre de un dixième de millimètre parallèlement à l'axe *ă*, et un quart de millimètre parallèlement à l'axe $\bar{b}$ sur une longueur totale de 4 millimètres.

TABLEAU N° 3.

HORNBLENDE du RIVEAU-GRAND		HORNBLENDE de L' « ARANYER BERG »	
Angles observés		Angles observés	Angles calculés
OEBBEKE		FRANZENEAU	
$\bar{1}11 : \bar{1}31$	155° 32′	155° 28′	155° 27,2′
$\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}11$	148 7	148 22	148 22
001 : 021	150 41	150 26	150 24,2
$110 : \bar{1}10$	55 47	55 44	55 43,8
: 130	149 50 appr.	150 15 appr.	150 6

Les couleurs de polychroïsme sont nettes :

Suivant γ jaune brunâtre avec une nuance verdâtre.
Suivant β rouge brunâtre.
Suivant α vert jaunâtre.

Absorption : $\gamma > \beta > \alpha$.
L'angle *c* : γ, 20° environ.

c) La hornblende jaune du troisième type se montre en cristaux très fins et en petits prismes raccourcis ; ces derniers sont si déliés qu'il n'est pas possible de les soumettre à l'examen cristallographique. Une seule fois j'ai trouvé un

cristal en forme de tablette allongée qui a été mesuré. Les angles suivants ont été observés :

		Franzeneau calc.
110 : $\bar{1}10$	55° 40′	55° 43,8′
110 : 130 appr.	149 55	150 6

Les faces prismatiques sont striées, les faces *m* sont très larges, *a*, *b*, *c*, *q* (?) très étroites.

Les faces *r*, *e*, *i*, ne sont pas régulièrement conformées, parce que le cristal est composé de différents individus juxtaposés qui ont subi un arrêt de développement.

L'extinction inclinée a été bien observée sur des faces prismatiques non parallèles à l'orthopinakoïde.

Le polychroïsme est très faible.

Aussi y a-t-il dans la roche du Riveau-Grand des filaments brunâtres ou jaunâtres, excessivement ténus qui forment dans les cavités un réseau à mailles irrégulières. M. Gonnard (1) a déjà donné une description de ce minéral et il l'a déterminé comme Breislakite. Je peux ajouter que les propriétés optiques sont celles de la hornblende et que souvent on observe de très petits cristaux de tridymite sur ces longs et fins filaments.

Tous les cristaux de hornblende montrent fréquemment sur leurs faces des enfoncements semblables à ceux que produit la fusion ou la sublimation.

La pseudobrookite dans la roche du Riveau-Grand a été d'abord observé par M. Gonnard (2), à qui nous devons de si précieux renseignements sur les minéraux et les roches de l'Auvergne.

On la trouve en petits cristaux noirs, ne dépassant pas

(1) *Bull. de la Soc. minéralogique de France*, II, p. 151.

(2) Note de M. von Lasaulx dans les *Sitzgsber. d. schles. Ges.*, etc., 1879, et *Zeitschr. f. Krystallogr.*, VI, p. 203.

1 millimètre de grandeur, d'un éclat métallique, d'une translucidité rougeâtre sur les bords et en forme de tablettes allongées.

Les angles mesurés correspondent assez bien à ceux trouvés par M. Koch (1) à la pseudobrookite de l' « Aranyer Berg ». Pour la description cristallographique, je suivrai celle qui a été proposée par M. le professeur Groth (2).

Les faces du makropinakoïde sont prédominantes, mais elles n'ont pas toujours le même aspect. L'une, par exemple, est égale et unie, tandis que la face opposée est fortement striée parallèlement à l'arête g^1e^1 100 : 101 ($\infty P\bar{\infty} : P\bar{\infty}$); on peut en dire autant des faces $e^{1/2}$ 201 ($2P\bar{\infty}$). Les faces g^1 110 (∞P) sont moins larges, mais en général égales et unies, h^1 010 ($\infty P\breve{\infty}$) et $e^{1/3}$ 301 ($3P\bar{\infty}$) sont très étroites.

Il est remarquable que les angles mesurés ne sont pas constants, et ces inégalités sont peut-être le résultat du mode de formation de ces petits cristaux. Si, d'après les différentes données, on calcule le rapport des axes cristallographiques, on trouve, au moins pour un axe, des valeurs intermédiaires à celles de la pseudobrookite et de la Brookite, fait qui semblerait indiquer que ces deux minéraux offrent peu de différences dans leur constitution. C'est pourquoi, malgré l'objection de M. le professeur G. vom Rath (3), que d'après la nouvelle détermination des faces, les stries verticales s'observent sur le makropinakoïde dans la brookite, tandis qu'elles apparaissent ici horizontales et que, jusqu'à présent, aucun des trois oxydes de titane n'a été trouvé dans les roches volcaniques, j'ai conservé la détermination proposée par M. Groth; d'autant plus que déjà

(1) *Tschermaks Mitthlgen*, Neue Folge, V, p. 344. Schmidt. *Természetrajzi* Füsetec III, p. 4 et *Zeitschr. f. Krystallogr.*, VI, p. 100.

(2) *Zeitschr. f. Krystallogr.*, III, p. 306.

(3) *Sitgsber. d. niederrh. Ges. f. Naturk.*, 1878 et 1879 .*Zeitschr. f. Krystallogr.*, IV, p. 429.

j'ai mentionné que les stries ne sont pas constamment développées sur les deux faces du makropinakoïde. Si l'on tient compte en outre que la paragenèse des deux minéraux est tout à fait différente, que de plus la constitution chimique de la pseudobrookite n'est pas entièrement connue, il est permis de supposer qu'une variation de la constitution chimique est la raison des anomalies cristallographiques observées. M. Kenngott (1) a démontré qu'on ne peut pas exprimer la constitution chimique de la pseudobrookite par la formule de l'Ilménite.

Malheureusement il n'a pas été possible de faire l'analyse ni quantitative ni qualitative de la pseudobrookite. Deux très petits cristaux fondus dans une perle de sel de phosphore ont donné au feu d'oxydation et à celui de réduction une teinte jaune; par le refroidissement, la perle s'est décolorée. Une seule fois j'ai cru remarquer que la perle chauffée au feu de réduction montrait après le refroidissement une teinte rose clair ou violet clair. Aussi, après y avoir ajouté un petit grain d'étain, m'a-t-il paru avoir pris une teinte un peu plus foncée.

J'ai observé sur la pseudobrookite du Riveau-Grand les faces suivantes :

$g^1 = 100$	$\infty P \bar{\infty}$
$m = 110$	∞P
$h^2 = 130$	$\infty P3$
$p = 001$	$0P$
$e^{1/2} = 201$	$2P \bar{\infty}$
$b^{1/2} b^{1/4} h^{1/3} = 133$	$P\breve{3}$ (?)
$a_2 = 132$	$\frac{3}{2}P\breve{3}$ (?)
$b^{1/2} b^{1/4} h^1 = 131$	$3P\breve{3}$

(1) *Neues Jahrb. f. Mineralogie*, etc., 1880, I, p. 164. *Zeitschr. f. Krystallogr.*, VI, p. 637.

Les face 131 sont bien développées, très luisantes et donnent de bonnes images, 133 et 132 sont très petites et donnent des reflets qui ne permettent que des mesures fort approximatives.

		Angles observés moyenne	Erreur possible	Minimum des observations	Maximum des observations
100 : 201		153° 56′30″	± 34′	153° 30′	154° 13′
$1\bar{3}0$		110 56	± 23	110 43	111 30
$1\bar{3}0$	(cristal n° 2)	111 5	± 10	111 5	111 16
$1\bar{1}0$		138 23	——	——	——
$1\bar{3}1$: $\bar{1}\bar{3}1$		141 —	± 4	140 56	141 4
$\bar{1}\bar{3}1$	» »	141 7	± 15	140 51	141 16
$1\bar{3}0$: $1\bar{3}1$		160 47	± 2	160 45	160 49

Quant à la relation des axes cristallographiques, on a déduit de 110 : 201 et 100 : $1\bar{3}0$:

$\breve{a} : \bar{b} : c =$ 0,8714 : 1 : 0,8910 (des angles moyens du cristal 1)
0,8646 : 1 : 0,8841 (» » » 2)
0,8565 : 1 : 0,8865 (» maximum » 1 et 2)
0,8462 : 1 : 0,8865 (» » » 1)
0,8822 : 1 : 0,8826 (» minimum » 1)
0,8714 : 1 : 0,8738 (» » » 2)

et de $1\bar{3}0$: $1\bar{3}1$ et $1\bar{3}1$: $\bar{1}\bar{3}1$:

0,8829 : 1 : 0,8963 (» moyens » 2)
0,8821 : 1 : 0,8944 (» » » 1)

Pour la pseudobrookite de l' « Aranyer Berg », M. Groth a déduit des angles observés par M. Koch 100 : 101 = 135°54′ et de 100 : 110 = 138°41′ la relation :

0,8790 : 1 : 0,9071

D'après les observations de M. Schmidt faites sur la pseudobrookite de l' « Aranyer Berg », on peut déduire de 100 : 201 = 153°37′ et de 100 : 110 = 138°43′30″ :

0,8778 : 1 : 0,8847.

M. W.-J. Lewis (1) a trouvé la pseudobrookite sur l'apatite « Spargelstein » de Jumilla (Murcie). Il a observé $1\bar{3}0 : \overline{1\bar{3}0}$ = 139°3′ et 100 : 201 = 154°11′ et on peut en déduire :

0,8695 : 1 : 0,8986

Quant à la Brookite, on a, pour les axes, les rapports suivants :

0,8485 : 1 : 0,9301 (2)
0,8416 : 1 : 0,9444 (3)

L'angle 110 : 100 =	138° 23′	observé sur la pseudobrookite du Riveau-Grand.		
	138 35	calc. ă =	0,8822	
	138 56	»	»	0,8714
	139 9	»	»	0,8646
	139 25	»	»	0,8565
» 001 : $1\bar{3}3$:	138 17	observé, appr.		
	137 4	calc. ă =	0,8462	
	136 57	»	»	0,8714
	136 55	»	»	0,8821
» 001 : $1\bar{3}2$	124 55	moy. observé, appr.		
	121 48	calc. ă =	0,8462	
	121 54	»	»	0,8724
	121 56	»	»	0,8821

Je n'ai pas observé les faces e^1 101 (P $\bar{\infty}$) et a^1 011 (P ∞).

(1) *Zeitschr. f. Krystallogr.* VII, p. 181.
(2) A. Schrauf, *Zeitschr. f. Krystallogr.* I, p. 306.
(3) N. v. Kokscharow, *Mat. Min. Russland's*, I, p. 68.

La pseudobrookite est associée en général à la hornblende jaune, plus rarement à la hornblende rougeâtre, à la magnétite et à l'hématite. Les octaèdres noirs et luisants de magnétite sont très nets. Les cristaux d'hématite, quoique petits, sont aussi très bien développés.

Sur un échantillon, on trouve, à côté des hornblendes noires, de petits cristaux luisants d'un rouge brunâtre, qui offrent le même aspect que ceux figurés par MM. Koch et Krenner. Le premier a décrit ces cristaux comme szaboïte, M. Krenner les a reconnus pour de l'hypersthène.

A cause de leur petitesse, les cristaux du Riveau-Grand n'ont été examinés qu'au microscope. Souvent, ils sont déjà altérés, ont perdu de leur translucidité et présentent alors une couleur rouge (1). Une face est toujours fortement développée et le polychroïsme de cette face est très remarquable :

Suivant l'axe le plus allongé : vert olive.

Suivant l'axe vertical sur le premier et dans la face mentionnée : rouge cuivré.

L'extinction se fait sur toutes les faces observées parallèlement et perpendiculairement à l'axe le plus long (les observations ont été faites à la lumière monochromatique). Le plan des axes optiques coïncide avec la large face. Celle-ci montre les stries, les inclusions et la bordure plus foncée décrite pour l'hypersthène de l' « Aranyer Berg ».

Il n'est donc pas invraisemblable que ces cristaux du Riveau-Grand ne sont aussi que des hypersthènes.

Dans quelques échantillons de la roche du Riveau-Grand, les sanidines offrent un aspect très curieux. Elles paraissent comme fondues sur les bords, leurs surfaces sont arrondies et, entre la roche et la sanidine, il y a une zone dans la-

(1) Cf. de Lasaulx, Szaboïte du Riveau Grand. *Zeitschr. f. Krystallogr.*, III, p. 29 Gonnard. *Bull. Soc. min.*, II. p. 150.

quelle sont entassés de petits cristaux de magnétite, la sanidine elle-même (macle de Carlsbad) est entourée d'une zone d'un blanc mat, tandis que l'intérieur est tout à fait inaltéré.

Ce phénomène me paraît assez remarquable pour appeler l'attention. Peut-être les cristaux de sanidine sont-ils les éléments d'une roche trachytique de formation antérieure.

Note sur quelques verres basaltiques.

PAR M. K. DE KROUSTCHOFF.

La masse considérable d'un basalte à néphéline du Rossberg est située près de Rossdorf, non loin de Darmstadt. Cette localité est surtout connue et fréquentée à cause de l'occurrence unique d'un verre basaltique très hydraté, auquel M. Petersen (1) a donné le nom d'hydrotachylyte. L'hydrotachylyte typique est une substance verdâtre, opaque, à cassure esquilleuse, d'un aspect céroïde et terne, très facilement soluble dans l'acide chlorhydrique. Ses plaques minces deviennent difficilement transparentes, d'une couleur vert-jaunâtre; il est traversé de zones onduleuses (qu'on est tenté de comparer avec les zones d'accroissement des agates ou des calcédoines) et complètement dépourvu d'inclusions, à l'exception de fibres très fines réunies en faisceaux ou en gerbes, qui en sont caractéristiques, mais qui apparaissent seulement au voisinage immédiat du basalte. Il ne s'éteint pas tout à fait en lumière polarisée, mais donne des bandes onduleuses cannelées, qui s'illuminent alternativement d'une teinte gris-bleuâtre, quand on fait tourner la plaque. Les inclusions de grès bigarré, très fréquentes dans ce basalte, sont ordinairement entourées d'une couche plus ou moins épaisse d'hydro-

(1) *Neues Jahrbuch f. Min. u. Geol.*, 1869, p. 32 et suivantes.

tachylyte; mais il se trouve aussi souvent en noyaux compactes de 20 à 30 centimètres sans trace d'inclusion d'une roche quelconque. Les amygdaloïdes qu'il contient çà et là sont remplies de silicates hydratés, d'une espèce de bol vert et enfin plus rarement de quartz, peut-être aussi de tridymite. L'hydrotachylyte typique est accompagné par toute une série de différentes variétés de tachylytes ordinaires; j'aurai l'honneur de communiquer dans cette note leur caractères microscopiques; l'objet d'une autre note sera leur constitution chimique.

I. — Verre basaltique vert-bouteille transparent.

Les acides ne l'attaquent presque pas et il ressemble plutôt à une chrysolite précieuse qu'à une substance hyaline. Il serait peut-être plus juste de le ranger dans la catégorie de l'hyalomélane. D'ailleurs cette variété ne contient que très peu d'eau, n'accompagne point les enclaves de roches étrangères et forme des noyaux compactes de 5 à 10^{cm} au milieu du basalte. Ses fragments de 3^{mm} d'épaisseur peuvent être examinés directement au microscope. On aperçoit dans une pâte tout à fait vitreuse et isotrope, d'un vert-bouteille, quelques rares belonites réunis en faisceaux, qui n'agissent que faiblement sur la lumière polarisée; cependant dans la zone voisine du basalte, les microlithes de pyroxène, de fer oxydulé et de néphéline abondent. Les petits cristaux de pyroxène présentent une particularité très intéressante : ils contiennent fréquemment des inclusions liquides à bulles mobiles.

II. — Variété jaune transparente.

Ce verre d'une belle couleur jaune-brunâtre peut être franchement comparé à de la colophane dont il a toutes les

propriétés physiques, à l'exception d'une différence de dureté. Il adhère particulièrement aux inclusions argileuses contenant de la chaux, métamorphisées en matières blanchâtres, très peu cohérentes. L'acide chlorhydrique le décompose aisément, quoique plus difficilement que le vrai hydrotachylyte. Ce verre montre d'ailleurs une dévitrification très peu avancée; outre les cristallites fibreux, caractéristiques de l'hydrotachylyte, on y rencontre de longues aiguilles incolores à bouts déchiquetés, et rarement de petits sphérolithes à croix. Comme chez toutes les variétés, ces interpositions deviennent fréquentes dans la zone contiguë au basalte.

III. — Variété jaune-laiteuse opaque.

Ce tachylyte scoriacé offre un aspect plutôt pierreux que vitreux; ses fragments, quoique très minces, restent parfaitement opaques. L'acide chlorhydrique l'attaque difficilement, cependant il le décompose partiellement après une digestion prolongée. Son occurrence est identique avec celle du tachylyte II. Quelques parties seulement de ses plaques minces deviennent tout à fait transparentes et presque incolores; le reste conserve un aspect laiteux, opalisant et nuageux. Sous le microscope, entre les nicols croisés, on reconnaît qu'il est presque entièrement dévitrifié et composé de sphérolithes enchevêtrés et pressés les uns contre les autres. Ce sont de vrais globosphérites de M. Vogelsang (1), car leurs rayons divergents sont formés de globulites. La plupart d'entre eux montrent des segmentations mobiles, quelques-uns seulement des croix. Outre les sphérolithes, qui constituent la pâte presque entière, on y voit les inclusions suivantes : belonites verdâtres d'une finesse

(1) Vogelsang-Zirkel, Die Krystalliten.

extrême; aiguilles incolores, très longues, à bouts déchiquetés; l'extinction rapportée à la longueur s'y fait à 40° environ; magnifiques cristaux d'un pyroxène incolore dont nous reparlerons plus tard. Ces interpositions n'ont aucune relation avec les sphérolithes qu'elles traversent en tous sens, de manière que leur consolidation paraît antérieure à ces derniers; il est même probable que, dans ce cas, les sphérolithes sont le résultat d'une cause métamorphique ou d'une espèce de recuit.

IV. — Variété brune transparente.

Cette substance vitreuse d'une couleur café, souvent associée avec le tachylyte III, montre en général toutes les propriétés macroscopiques de la variété II; mais elle offre une plus grande apparence de dévitrification; l'acide chlorhydrique la dissout partiellement après une digestion assez prolongée. Dans la partie scoriacée poreuse et jaune sale près du basalte, on peut distinguer à la loupe quelques rares particules de quartz provenant de l'inclusion d'une roche quartzifère détruite et dissoute. Au microscope le verre brun, homogène, à surface chagrinée, tranche nettement sur la partie bulleuse d'un jaune ocreux. La matière brune agit assez énergiquement sur la lumière polarisée, surtout au bord des fissures : on y voit des ombres changeantes en bandes onduleuses et en coins balayer le champ visuel de l'instrument. Les produits cristalliques et cristallisés (Pl. I, fig. 4) de cette variété sont vraiment remarquables : aiguilles brunes, peu polarisantes avec des pointements en forme de fers de lance très aigus (d'environ 40°); l'extinction paraît parallèle à leur axe d'allongement. Ces microlithes se réunissent fréquemment en groupes radiaux, leurs pointements tournés vers une partie

d'un verre moins coloré; magnifiques cristaux d'un pyroxène incolore, d'un indice élevé, souvent développés de tous les côtés. J'ai pu reconnaître les formes suivantes :

$$h^1\ (100),\ g^1\ (010),\ m\ (110),\ a^1\ (10\bar{1}).$$

Les cristaux de Baïkalite du lac Baïkal montrent des combinaisons analogues. Les clivages dans ce pyroxène sont normaux et très marqués. Dans la zone $h^1\ g^1$ à travers la face g^1 l'extinction fait un angle de 39° dans les sections qui se rapprochent de la face h^1, l'extinction diminue et devient quelquefois parallèle à la bissectrice des clivages. Au moyen de la liqueur Thoulet, j'ai réussi à isoler une petite quantité de ce pyroxène, mais même les plus petits cristaux étaient réduits en débris. J'aurai l'honneur d'en communiquer l'analyse en même temps que les analyses des tachylytes. Le verre poreux jaune pâle renferme les mêmes produits que la partie brune, mais il est essentiellement composé de beaux sphérolithes, parfois parfaitement ronds, ordinairement incomplets, juxtaposés et pressés les uns contre les autres. La structure intime de la plupart d'entre eux paraît purement globulitique, mais les globulites sont d'une telle finesse qu'il est impossible de les distinguer à de faibles grossissements; cependant il y en a quelques-uns qui consistent en fibres entières divergeant d'un centre commun. Dans les fissures et entre les sphérolithes se dispose çà et là une substance verte, souvent à structure vermiculaire, provenant peut-être d'infiltration ou de décomposition.

Dans cette partie se trouve un grain de quartz, provenant de quelque inclusion détruite, autour duquel se disposent les cinq zones suivantes :

1° Verre presque incolore avec de fines granulations;

2° Substance verte, en couches très fines concentriques;

3° Sphérolithes bruns, fibreux, dont les centres de radiation reposent sur la zone suivante;

4° Granules jaunes;

5° Sphérolithes incolores et lamelles hexagonales ou paillettes arrondies de tridymite, parmi lesquelles se trouvent des grains verdâtres et des belonites verts groupés en forme d'éventail. Il y a lieu de considérer les globules striés comme de la silice globulaire de M. Michel-Lévy (Pl. I, fig. 1).

V. — Variété brun-verdâtre.

Ce tachylyte, d'un aspect plutôt pierreux que vitreux, ressemble à certains pyromérides trachytiques des monts Euganéens. Il accompagne, comme l'hydrotachylyte, particulièrement les inclusions de grès. L'acide chlorhydrique le décompose très incomplètement en laissant un sable blanchâtre. Il apparaît au microscope comme presque entièrement dévitrifié : c'est un tissu de cristallisations incolores imbibées d'une matière hyaline finement globulitique. Il n'est guère facile de décrire les formes entassées de ces cristallisations. Des lamelles, plus ou moins épaisses, se réunissent à angle droit ou presque droit, et forment des figures que l'on pourrait comparer avec des fenêtres juxtaposées en réseau ou emboîtées les unes dans les autres. Au même minéral appartiennent, selon toute apparence, de longues lamelles souvent groupées en forme d'éventail. La plupart des figures, presque rectangulaires, s'éteignent sous un très petit angle de 3 à 5°; quelques-unes seulement paraissent rester éteintes pendant une rotation entière de la plaque. Dans les lamelles oblongues, l'extinc-

tion fait avec leur direction d'allongement un angle de 20°. De grandes parties du réseau sont maclées de manière que souvent le champ visuel entier est partagé en deux moitiés qui s'éteignent alternativement. Les plages feldspathiques des inclusions de granite sont fréquemment moulées par un tissu analogue, cristallonomiquement orienté autour d'elles, qui représente en conséquence un feldspath. Sur les lamelles de ce feldspath et dans le verre intercalé s'accumulent çà et là des granules d'une substance vert d'émeraude, et enfin dans les fissures se trouvent quelques produits d'infiltration.

VI. — Variété violette ou plutôt grès complètement vitrifié.

Le tachylyte infiltre cette inclusion de grès vitrifié. A la loupe on reconnaît dans une masse violette grisâtre, grenue et résineuse comme certains pechsteins de Misnie, de petits points brillants de quartz. L'acide chlorhydrique décompose cet échantillon très imparfaitement, en abandonnant un sable gris mêlé de points noirs. Les plaques minces offrent un tout autre caractère que les variétés précédentes (Pl. I, fig. 5). La pâte, d'une belle couleur violette, hyaline et tout à fait isotrope, contient les sécrétions suivantes :

Néphéline en cristaux d'une netteté extrême, s'ils sont petits, en sections rectangulaires prismatiques et en hexagones isolés ou réunis en groupes enchevêtrés. Seulement la zone marginale des cristaux est limpide, tandis que leur intérieur apparaît criblé de petites cavités vides ou gazeuses et de granules grisâtres, qui s'accumulent souvent de telle façon que le noyau du cristal devient presque opaque.

Trichites (1) disséminés ou formant çà et là un vrai tissu.

Petits cristaux d'un minéral pyroxénique.

Grains et cristaux de magnetite.

Quelques rares zircons en grains ovoïdes.

Spinelle. — Le spinelle se présente en nombreuses traînées qui semblent indiquer une certaine fluidalité. Les grains de $0^m,005$ sont opaques, mais ceux de $0^m,001$ et moins apparaissent avec une couleur brune foncée.

Sphérolithes incolores à structure franchement fibreuse, souvent réunis en groupes complexes.

Grains de quartz très fendillés ne contenant que de rares inclusions liquides primaires et quelques pores vitreux secondaires.

Pores vides et remplis de zéolites fibreux.

VII. — Inclusion de grès avec un tachylyte verdâtre translucide.

Cet échantillon présente un bel exemple de formation de quartz par voie ignée. Le quartz régnéré provenant d'inclusions quartzifères résorbées dans les laves et basaltes du Bas-Rhin, a été décrit par M. le professeur Lehmann (2). Ce savant l'a découvert particulièrement dans les localités suivantes : à la Hannebacher Ley, dans la croûte vitreuse d'un projectile volcanique de granite, à Winfeld, près de Ettringen (lac de Laach), dans la lave d'une carrière à meulière; en outre M. le Dr Trippke mentionne une occurrence de ce genre dans le basalte de Breitenberg, près de Striegau, en Silésie.

(1) Une roche vitreuse de Tarczal, près de Tokai, contient des trichites de ce genre. Vogelsang-Zirkel, Krystalliten (Pl. XIV, fig. 5).

(2) Lehmann, die pyrogenen Quarze in den Laven des Niederrheins. *Verhandl. d. naturhist. Vereins d. preuss. Rheinl. und Westph.*, années XXXIV, 1877, p. 203 et suiv.

M. le professeur Lehmann a eu la complaisance de me communiquer plusieurs de ces échantillons les plus typiques, de sorte que j'ai eu l'occasion d'étudier cette intéressante occurrence et de la comparer avec celle de Rossberg. L'échantillon de Winfeld offre une scorie qui provient de quelque inclusion quartzifère détruite et résorbée, contenant de nombreuses cavités tapissées de cristaux de quartz. La croûte vitreuse de la bombe granitique de Hannebacher Ley montre de même beaucoup de pores incrustés de beaux petits prismes pyramidés de quartz. Ce quartz présente encore une particularité d'un grand intérêt : c'est peut-être l'unique occurrence *incontestable* de la face a^1 (0001). Le cristal que je dois à l'obligeance extrême de M. le professeur Lehmann, et qui lui a servi d'original, montre, outre le prisme et les deux rhomboèdres, la face a^1 (0001) parfaitement unie, brillante, et en conséquence mesurable au goniomètre.

Mon échantillon de Rossberg n'a aucune ressemblance avec les précédents; c'est un fragment de grès bigarré vitrifié et transformé en tachylyte près du basalte. Dans la zone vitreuse, près du basalte, on ne peut distinguer que quelques points brillants de quartz primitif; les pores ne contiennent pas de cristaux. Le quartz pyrogène est seulement visible au microscope; d'ailleurs une seule préparation le contient; toutes les autres que j'ai faites de l'inclusion en sont absolument dépourvues. Il paraît donc que la silice cristallise dans le basalte seulement avec un concours de circonstances tout à fait exceptionnelles. Ce sont des losanges limpides $e^1/_2\ p$ $(10\bar{1}1,\ 01\bar{1}1)$ entassés et tournés tous dans une direction, réunis dans une espèce de sécrétion vitreuse, bordée de grains de pyroxène, au milieu du verre provenant de la fusion du grès près du basalte, absolument comme dans le dessin si caractéristique de

M. le professeur Lehmann (1). Comme tous les cristaux formés dans un milieu vitreux fondu, ils contiennent des particules hyalines (Pl. I, fig. 3).

VIII. — Variété verte, terreuse, décomposée.

Ce tachylyte paraît très décomposé, terreux, sans éclat, d'un vert sale, et forme une enclave de 3 à 4^{cm} dans le basalte. L'acide chlorhydrique le dissout très incomplètement. Ses coupes minces deviennent difficilement transparentes. Au microscope on aperçoit dans une pâte vert-sale, ocreuse et poreuse, des cristallisations en forme de lettres et de réseaux de feldspath et des amygdaloïdes remplies de différentes substances ; les unes contiennent une zéolite fibreuse, les autres du quartz, et rarement de la tridymite. Cette occurrence de la tridymite (2) est excessivement typique; ses lamelles hexagonales, d'une netteté et d'une épaisseur peu communes, se juxtaposent et se superposent de la manière caractéristique pour cette variété de silice cristallisée, et remplissent la géode entière (Pl. I, fig. 2). Les cristaux de quartz $e^2 p e^1/_2$ $(10\bar{1}0, 10\bar{1}1, 01\bar{1}1)$ tapissent radialement, leurs pointements tournés en dedans, les parois de la cavité; l'espace vide qui reste quelquefois contient une zéolite fibreuse. Dans ce cas, le mode de la formation des deux espèces de silice cristallisée reste incertain, et je n'ose point trancher la question définitivement.

(1) L. c. Pl. II, fig. 1.

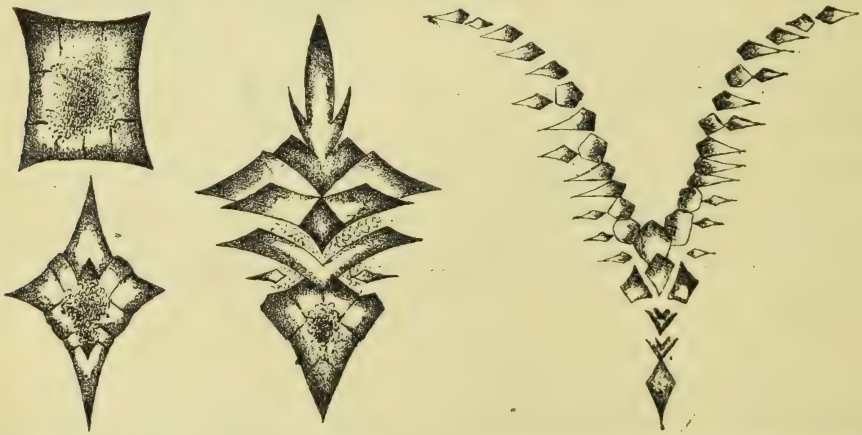
(2) Les fragments de quartz provenant d'inclusions granitiques dans le basalte de Breitenberg, près de Striegau, en Silésie, sont, d'après M. Trippke *(Beiträge z. Kentniss der schlesischen Basalte,* thèse inaugurale présentée en 1878 à l'Université de Breslau), superficiellement transformés en agrégat de lamelles entrelacées de tridymite; à comparer avec l'occurrence IV.

IX. — Tachylyte vert, transparent.

Il forme une inclusion de 5cm au milieu du basalte; ne contient que très peu d'eau et se décompose très difficilement par l'acide chlorhydrique. Au microscope on aperçoit dans un verre homogène, parfaitement isotrope, d'un vert bouteille, des fibres cristallitiques très fines (Pl. I, fig. 6) réunies en faisceaux, en forme de barbe de plumes, de peignes, de râteaux, et enfin en arborisations analogues à celles que Vogelsang (1) mentionne dans une scorie de haut fourneau provenant de Pont-d'Évêque, près de Vienne (Isère).

X. — Variété brune, grenue.

Ce tachylyte, d'un aspect résineux et grenu, se trouve en forme d'inclusion dans le basalte, contient un peu plus d'eau que la variété précédente et se décompose facilement par l'acide chlorhydrique. Il présente, dans une pâte brun foncé, finement ondulée et globulitique, parfois sphérolithifère, les cristallites les plus curieux. Il est très difficile d'expliquer bien clairement ces formes magnifiques; la gravure suivante les représente :



Entre ces cristallites et le pyroxène incolore que j'ai

(1) L. c., Pl. V.

décrit dans la variété IX, et qui se trouve en cristaux assez bien développés aussi dans ce verre, il y a toutes les transitions, de manière qu'ils peuvent être rapportés à ce dernier.

Synthèses de tachylytes.

1. En fondant du basalte de Rossberg avec un fragment de granite de Heidelberg jusqu'à sa dissociation complète, j'ai obtenu un culot franchement vitreux, un peu poreux (le refroidissement a duré une heure), qui paraît parfaitement identique au tachylyte IX. Ce verre, d'une couleur de bouteilles, transparent, contient les mêmes cristallites en forme de barbes à plumes, de râteaux, de peignes, etc. Naturellement cette substance hyaline artificielle ne peut pas être hydratée.

2. Un fragment de grès rouge (Buntsandstein) de Heidelberg fondu avec du basalte de Rossberg jusqu'à sa dissolution presque complète. Le refroidissement de la masse dure deux heures. Le culot, un peu poreux, d'un aspect plutôt résineux que purement vitreux, comme beaucoup d'obsidiennes, contenant encore plusieurs petits fragments de grès, n'est plus aussi transparent que le précédent. Au microscope on aperçoit dans une pâte poreuse, d'un vert pâle, hyaline et tout à fait isotrope, outre les cristallites du premier essai, les produits suivants :

Pyroxène incolore, souvent bien cristallisé, mais dont la plupart sont formés seulement d'une coque plus ou moins épaisse, tandis que l'intérieur est rempli de verre.

Péridot en beaux cristaux jaune-pâle avec des inclusions vitreuses.

Une foule de pores ronds de toutes les dimensions et d'inclusions vitreuses dans le verre. (Pl. I, fig. 7.)

3. Un morceau de marne keupérienne de Stuttgart fondu

avec du basalte de Rossberg. Le refroidissement dure trois heures. Le culot est compacte, presque point poreux, d'un aspect pierreux, et montre encore quelques particules de marne. Les coupes minces deviennent très difficilement transparentes, d'une couleur gris-jaunâtre, opalisante et laiteuse. Au microscope ce verre apparaît pointillé et traversé de fines bandes onduleuses avec des mouches noires, sans aucune trace de dévitrification. Il est vraiment curieux que, dans cette expérience, la masse fondue ne s'est pas dévitrifiée plus complètement. Ces synthèses rendent probable la supposition que les tachylytes proviennent en général d'inclusions de roches étrangères fondues, c'est-à-dire dissoutes par le magma basaltique.

Breslau, janvier 1885.

Explication de la planche I.

1. — Tachylyte (variété IV) brun transparent avec un grain de quartz entouré de silice globulaire et de tridymite.
2. — Tachylyte (variété VIII) vert, décomposé avec une géode remplie de tridymite.
3. — Tachylyte (variété VII) adhérent à une inclusion de grès dans le basalte avec du quartz régénéré.
4. — Tachylyte (variété IV) avec des cristaux de pyroxène, sphérolithes et différents microlithes.
5. — Tachylyte (variété VI) violet, dans un grès vitrifié avec néphéline, sphérolithes, spinelle, zircon, pyroxène, zéolithes et trichites.
6. — Tachylyte (variété IX) vert, transparent avec des cristallites.
7. — Verre artificiel (essai II) avec des cristallites, pores et pyroxène.

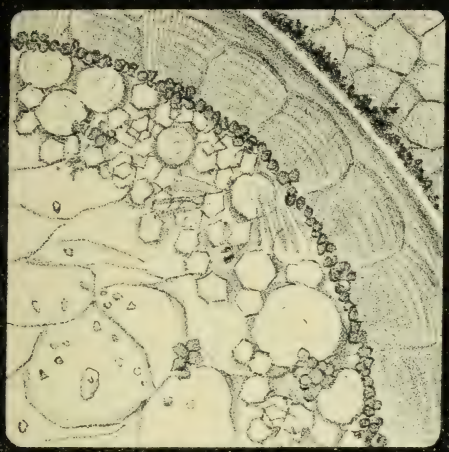
Tous ces tachylytes proviennent de Rossberg, près de Darmstadt.

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 3123-5.

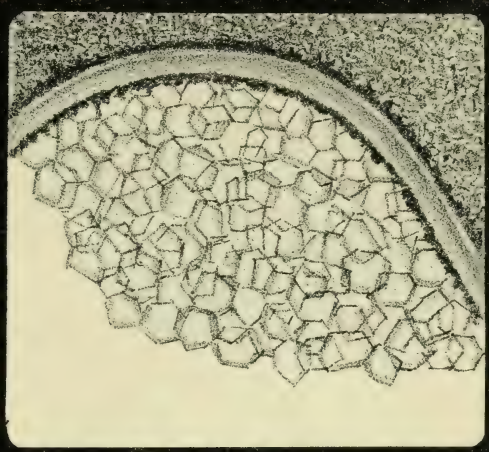
NOTE DE M. K. DE KROUSTCHOFF

Bull. Soc. Min. 1885. T. VIII. Pl. I.

1

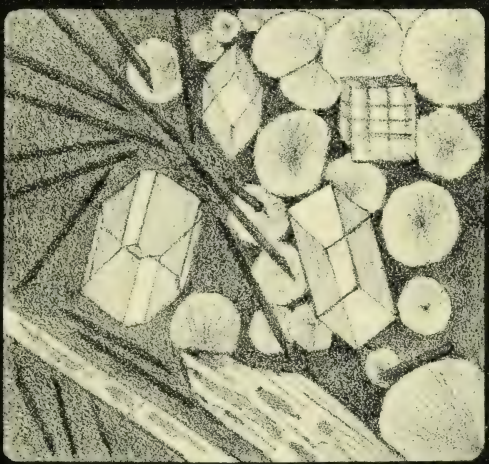


2

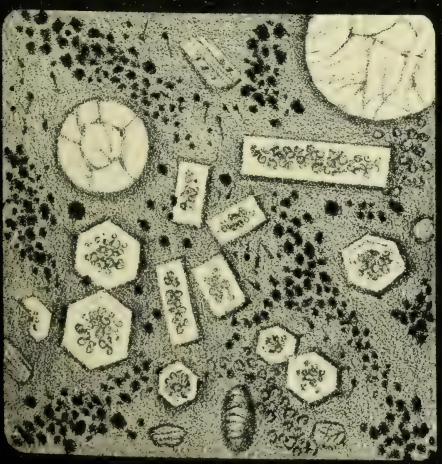


3

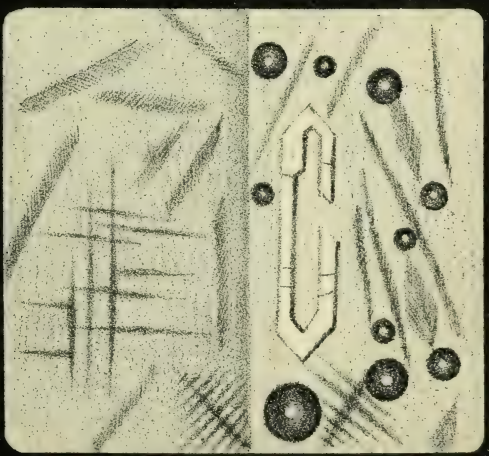
4



5



6 7



K. de Kroustchoff. ad. nat. del.

Imp. Chaix Paris, 3651

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

Année 1885. — Bulletin n° 3

Compte rendu de la séance du 12 mars 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE LAPPARENT

M. le président annonce une présentation.

M. Besnard du Temple, pharmacien, place d'Aine, Limoges, présenté par MM. Lacroix et Offret, est nommé membre de la Société.

La Société nomme, à l'unanimité, membres de la commission de comptabilité MM. Michel Lévy, Dufet, Sarasin.

Sur la pyroélectricité de la scolézite

Par MM. C. Friedel et A. de Gramont

La scolézite est signalée dans les traités de minéralogie comme étantpyroélectrique et ayant un axe de pyroélectricité parallèle à la longueur du prisme, avec le pôle antilogue, situé à l'extrémité libre des cristaux et le pôle analogue à l'extrémité engagée dans la gangue.

Les cristaux de ce minéral étant ordinairement mâclés parallèlement à la face h^1, il nous a semblé intéressant de les examiner au point de vue de leurs propriétés pyroélectriques, non plus dans leur entier, mais en les divisant de manière à opérer sur des portions optiquement simples.

Les échantillons sont ordinairement des masses bacillaires, desquelles on ne pourrait pas détacher des prismes

assez grands pour pouvoir être examinés par le procédé de la demi-sphère métallique. Ceux de Poonah seuls nous ont fourni des cristaux d'une dimension suffisante.

Avant de les faire tailler, nous avons constaté que les deux extrémités offrent des pôles opposés comme cela a été indiqué, et que le pôle positif par échauffement est bien placé à l'extrémité tenant à la gangue.

Nous avons fait tailler plusieurs cristaux, de manière à les séparer en deux parties suivant le plan de mâcle dont la position avait été déterminée optiquement, en enlevant d'abord une lame mince perpendiculaire à l'axe du prisme. En même temps, sur chaque fragment, on a usé et poli des faces perpendiculairement à l'axe du prisme, et une face extérieure parallèle à h^1 et, par conséquent, à la face de séparation des deux portions de cristal.

Nous avons examiné successivement chaque fragment sur ses différentes faces, et nous avons trouvé d'une façon tout à fait régulière que les faces h^1 extérieures sont négatives par échauffement; les faces h^1 intérieures sont positives sur les deux fragments. Cette disposition est analogue à celle qui se rencontre dans certains cristaux de topaze et donne lieu à ce qu'on a appelé les pôles centraux. Il y a dans chaque portion simple de cristal un axe horizontal de pyroélectricité, et dans les mâcles, comme dans la topaze, comme dans la boracite, ce sont les pôles de même signe qui viennent se placer en regard.

Comme conséquence, lorsqu'on opère sur des cristaux naturels non divisés suivant la mâcle, qui présentent habituellement des faces g^1 peu développées, on trouve ces faces g^1 toutes deux positives et les facettes ou arêtes h^1 négatives.

En ce qui concerne l'axe vertical, si la mâcle était formée de deux portions de cristal dont l'une aurait tourné de 180°

autour d'un axe normal à h^1, les deux parties d'une même face perpendiculaire à l'axe dans lesquelles la section faite suivant h^1 a divisé cette face devraient être de signes contraires. Il n'en est rien ; les deux portions contiguës ont été trouvées de même signe sur tous les cristaux que nous avons fait tailler. Cela résultait déjà de la constance des résultats obtenus avec les cristaux non divisés, car s'il y avait en deux plages voisines des signes contraires, on aurait dû avoir des variations dans les résultats, suivant le point du cristal sur lequel on opérait.

Il faut donc que la mâcle se soit faite par une rotation autour d'un axe parallèle à la longueur du prisme, située dans le plan d'accollement, comme cela a lieu pour l'orthose dans la mâcle de Carlsbad et non perpendiculairement suivant la loi ordinaire des mâcles.

Il existe donc dans la scolézite deux axes de pyroélectricité situés dans le plan de symétrie, l'un sensiblement vertical, l'autre sensiblement horizontal. On pouvait se demander si ces deux axes ne seraient pas simplement les composantes d'un seul axe situé dans le même plan. Nous ne pensons pas qu'il en soit ainsi, car les déviations les plus fortes de l'aiguille de l'électromètre ont eu lieu lorsqu'on plaçait la demi-sphère chaude sur le milieu des faces h^1 et p. Les autres portions de cristal ont donné des dégagements d'électricité notablement plus faibles et en rapport de signes avec la position des axes telle que nous venons de l'indiquer.

Nous avons commencé quelques expériences sur la prehnite qui, suivant les indications données, présente des pôles centraux et dont on connaît la structure complexe. Pour cette espèce, il est encore plus difficile d'avoir des cristaux assez grands pour se prêter convenablement à l'exploration au point de vue de la pyroélectricité.

Nous ajouterons que nous avons fait tailler des lames parallèles à la base rhombique dans des pyramides que M. E. Bertrand a détachées de cristaux de grenat des Pyrénées et de Breitenbrunn (Saxe), et que ce savant a bien voulu nous remettre. Nous n'y avons constaté aucune trace de pyroélectricité.

Nous n'avons pas été plus heureux pour l'axinite, substance qui est pourtant donnée comme pyroélectrique. Il est vrai que, vu la rareté des grands cristaux, nous n'avons pu opérer que sur des cristaux et non sur des lames taillées. Nous n'avons eu d'actions électriques marquées que lorsque le cristal avait été frotté et ainsi électrisé accidentellement.

La phénacite qui est indiquée comme présentant l'hémiédotrie à faces inclinées, ne nous a pas donné non plus de traces de pyroélectricité, ce qui nous pousse à douter de son hémiédrie.

Ce ne sont là que des résultats négatifs et auxquels on ne peut attacher une valeur absolue. Cependant, nous ferons remarquer que nous opérions avec un électromètre de Thomson-Mascart avec lequel on pouvait mettre en évidence un centième de Daniell et que, pour toutes les substances réellement pyroélectriques, nos résultats ont été de la plus grande netteté.

Sur la pseudosymétrie des hyposulfates hydratés doués du pouvoir rotatoire.

PAR M. G. WYROUBOFF.

M. Brauns vient de publier un mémoire (1) dans lequel la question des causes des anomalies optiques est de nouveau remise sur le tapis et dans lequel il prend à partie

(1) *N. Jahrb f. Min.* 1885. I. p. 96.

quelques-unes de mes observations. L'explication sur la trempe proposée par MM. Klein et Klocke semble abandonnée et n'est provisoirement remplacée par aucune autre, car ce n'est pas une explication que de dire que les anomalies sont le résultat de mélanges isomorphes et sont probablement produites par les différences dans les dimensions et la réfrigence des molécules.

Et d'abord, est-il vrai que les anomalies optiques n'existent jamais dans les corps absolument purs de tout mélange ? Il me suffit de citer des substances organiques comme le benzile, le carbonate de guanidine, le sulfate de strychnine qu'on obtient si facilement d'une pureté parfaite, le ferro-cyanure de potassium, le quartz, pour démontrer que l'affirmation de M. Brauns est absolument contraire à la réalité. M. Brauns peut s'en convaincre facilement lui-même puisqu'il s'est procuré par un procédé, bien singulier en vérité (1), du prussiate jaune pur : qu'il le laisse cristalliser lentement par évaporation et qu'il attende que les cristaux acquièrent une certaine épaisseur, il seront *tous* plus ou moins uniaxes et montreront un plus ou moins grand nombre de plages à propriétés optiques variables. Il y a mieux. Un seul et même corps, le chlorate de soude, par exemple, peut être complètement isotrope ou faiblement biréfrigent suivant la température de la cristallisation ; le bromate de soude montre ces variations d'une façon encore beaucoup plus nette. On peut dire, d'une façon générale, que les anomalies optiques dépendent des accidents de la cristallisation, qu'une substance donnée peut les présenter ou ne pas les présenter suivant la manière dont ses cristaux se sont formés.

(1) M. Brauns prenait du prussiate *servant de réactif*, par conséquent purifié ; il le précipitait par un sel de fer à l'état de bleu de Prusse, un des corps les plus difficiles à obtenir à l'état de pureté, et le retransformait en prussiate. Il ne nous dit pas comment il se débarrassait de l'excès de potasse qui devait se trouver dans la solution à l'état de carbonate.

Il est très certain que le mélange des corps isomorphes influe beaucoup quelquefois sur la production de ces anomalies, et j'ai depuis longtemps appelé l'attention sur ce point en étudiant la dispersion tournante de quelques substances orthorhombiques (1), mais cette influence, quel qu'en soit d'ailleurs le caractère, ne s'exerce jamais que sur des corps *possédant des formes limites*. C'est là le point capital que M. Brauns a perdu de vue ; il s'est trop hâté de conclure et a donné à sa conclusion une formule trop absolue, manifestement en contradiction avec les faits les mieux établis. Entre cette remarque, depuis longtemps faite, que les corps isomorphes contribuent souvent à la production des anomalies optiques dans les substances à symétrie limite et l'affirmation qu'aucune substance chimiquement pure ne peut présenter ces anomalies, il y a un abîme que les quelques observations de M. Brauns sont fort loin de combler.

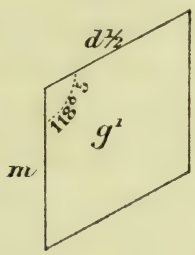
J'arrive maintenant à une partie du mémoire de M. Brauns qui m'intéresse plus directement. Dans ma note sur les phénomènes optiques de l'hyposulfate de plomb (2) j'avais dit que ce sel était pseudo-hexagonal, qu'il importait de rechercher sa forme réelle et qu'on la trouverait probablement dans l'hyposulfate de baryte à $4H^2O$ qui est, comme on sait, clinorhombique. M. Brauns en citant cette opinion me prédit, non sans quelque ironie, de très longues et très infructueuses recherches, car, ajoute-t-il, la substance « est et reste hexagonale. » M. Brauns a été mauvais prophète, et il m'a suffi de quelques essais et de quelques calculs pour trouver que la forme réelle de l'hyposulfate de plomb est, en effet, la forme clinorhombique de l'hyposulfate de baryte à $4H^2O$.

(1) *Bull Soc. Min.* V., 272 (1882).

(2) *Bull. Soc. Min.* VII (1884), p. 49.

Cette forme présente les faces m (110) h^1 (100) $o^{\bar{1}}$(101) $d\frac{1}{2}$($\bar{1}$11) $b\frac{1}{2}$(111) $\bar{b}^1$ (112), rarement p (001). On voit immédiatement que l'angle mm qui est de 78°46′ se réduit très simplement à un angle voisin de 120° si l'on prend m pour h^3 (120) — le prisme primitif est alors de 117°20′. De plus,en choisissant pour octaèdre primitif b^1 de Marignac, on a pour l'angle de l'arête $d\frac{1}{2}\,d\frac{1}{2}$ avec l'arête mm, ou de $\bar{h}^1$ sur o^1 118°5′. Il en résulte que si l'on réduit ces cristaux aux faces m et $d\frac{1}{2}$ et qu'on les projette sur la face g^1, on a des lames d'un angle sensiblement égal à 120° et dans lesquelles l'angle $m\,g^1$ = 121°20′ et l'angle $d\frac{1}{2}\,g^1$ = 116°26′ (fig. 1)

1



De pareilles lames peuvent se grouper trois par trois et donner une lame hexagonale avec un axe ternaire. Sans doute, ces deux angles $m\,g^1$ et $d\frac{1}{2}g^1$ qui, pris isolément, ne s'écartent pas de l'angle b^1p des autres sels de la série plus que la grande majorité des substances isomorphes (1) diffèrent notablement entre eux ; mais c'est probablement précisément pour cela que l'hyposulfate de baryte conserve sa symétrie réelle et ne devient pas pseudosymétrique comme les trois autres.

Géométriquement il n'y a donc aucune difficulté à expliquer la forme pseudo-hexagonale des hyposulfates hydratés par un croisement de lamelles de la forme clinorhombique telle qu'elle existe dans l'hyposulfate de baryum.

(1) L'angle b^1p est : pour le sel de plomb 119°44 ; pour le sel de calcium 120° 4′, pour le sel de strontium 120°.

Mais il restait, pour achever la démonstration, à essayer de forcer les hyposulfates hexagonaux à prendre la forme clinorhombique ou le sel de baryte à revêtir la forme pseudo-hexagonale. On y parvient sans peine ; il suffit de faire cristalliser par évaporation un mélange renfermant du sel de plomb avec un peu de sel de baryte (dans la proportion de 6 à 1 par exemple) à une température qui ne doit pas dépasser les limites de — 2° et + 5°, pour avoir des cristaux clinorhombiques parfaitement semblables à ceux qu'on obtient avec le sel de baryte pur, et qui renferment du plomb. Malheureusement, les brusques changements de température, cet hiver, ne m'ont pas permis de faire cristalliser pendant un temps suffisamment long pour avoir des mélanges à forte proportion de plomb, mais j'ai eu des cristaux tout à fait homogènes et transparents contenant de 6 0/0 à 15 0/0 d'hyposulfate de plomb. Les propriétés optiques de ces cristaux sont identiques à celles de l'hyposulfate de baryte pur, sauf l'angle des axes qui est un peu plus grand.

J'ai fait cristalliser d'autre part un mélange de sel de chaux et de sel de baryte ; ce mélange était particulièrement intéressant à cause de la différence considérable de leurs volumes moléculaires (1). Ici c'est le phénomène inverse qui se produit : le sel de chaux, qui est le moins soluble, se dépose le premier en lamelles hexagonales en apparence isotropes et homogènes, mais possédant deux axes rapprochés avec une direction unique sur toute l'étendue de la lame, tandis que le sel de chaux pur ne présente généralement qu'une légère dislocation de la croix noire. Par dessus ces lamelles, d'autres lamelles hexagonales plus petites se sont déposées, qui ont une teinte grise, n'éteignent que très incomplètement la lumière et ont six secteurs avec axes à directions variables. Enfin, au centre on

(1) Sel de Ba, 141.5 ; sel de Ca, 126.

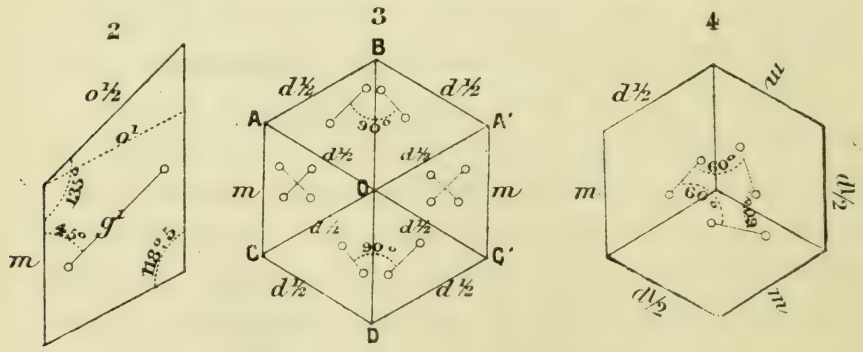
voit des lamelles, toujours à contour hexagonal, qui donnent de vives couleurs de polarisation et dans lesquelles les axes ne sont plus visibles. Le sel de baryte a pris ainsi la forme pseudo-hexagonale, comme le sel de plomb avait pris dans le mélange précédent la forme clinorhombique. Je n'ai point dosé la baryte dans ces cristaux — un pareil dosage n'offrant aucun intérêt, puisque les diverses couches des cristaux avaient évidemment des compositions différentes; mais il est certain que le sel de chaux dominait beaucoup, car il est le moins soluble et les cristaux appartenaient à un premier dépôt.

Reste maintenant à expliquer un phénomène que j'ai signalé dans ma note et dont M. Brauns ne me paraît pas avoir saisi la portée, car il s'en sert comme d'un argument en faveur de sa thèse. On obtient quelquefois, lorsqu'on fait cristalliser une goutte d'une solution concentrée de sel de plomb, de petites lamelles hexagonales parfaitement isotropes et homogènes *qui n'ont aucune polarisation rotatoire* et montrent en lumière convergente une croix toujours un peu disloquée. M. Brauns les considère comme appartenant au sel pur; mais, à supposer qu'on ait a faire à un sel impur, elles devraient se former en dernier lieu, le sel de plomb étant de beaucoup le plus soluble parmi les hyposulfates — or, elles sont justement la plupart du temps les premières à se déposer et ne tardent pas à être entourées de lamelles géométriquement semblables, mais présentant les anomalies ordinaires : biréfrigence, défaut d'extinction, secteurs à propriétés optiques variables. La pureté de la substance, si tant est qu'elle joue ici un rôle quelconque, ce qui est loin d'être démontré, car mon hyposulfate de plomb était absolument pur et que les mêmes phénomènes se produisent dans les deux autres hyposulfates, n'a qu'une influence indirecte; la cause principale

est évidemment la différence de l'arrangement moléculaire, ou, si l'on aime mieux, du croisement des lamelles clinorhombiques. D'ailleurs, des plages ou des bandes plus ou moins larges, isotropes, sans pouvoir rotatoire existent dans presque tous les cristaux d'hyposulfate de plomb, aussi bien pur que mélangé avec les hyposulfates de strontiane ou de chaux.

On sait que pour obtenir un axe optique unique, sans polarisation rotatoire, il faut que les lamelles biaxes se croisent à angle droit, tandis qu'un croisement à 60° est nécessaire pour produire le pouvoir rotatoire dans un cristal à contour hexagonal. Comment les mêmes lames clinorhombiques peuvent-elles donner lieu à deux empilements aussi différents ? L'étude des propriétés optiques de l'hyposulfate de baryte résout sans difficulté cette question en apparence si embarrassante.

Dans l'hyposulfate de baryte le plan des axes est perpendiculaire au plan de symétrie et exactement parallèle à la face $o\frac{1}{2}$ de Marignac qui fait avec h^1 un angle de 135°, *les axes font donc avec l'arête $h^1 g^1$ un angle de* 45° (fig. 2). Biréfrigence énergique. Bissectrice aiguë positive normale à g^1 2 V = 87° 20′, rouge 89° 42′, vert; $\mu_r = 1{,}532$.



Cette disposition particulière des axes étant donnée, on voit tout de suite que deux combinaisons sont possibles :

1. Quatre individus ACOB, ACDO, BOC′A′, OA C′D (fig. 3)

sont groupés de façon à croiser leurs axes à 90° comme la figure le montre dans les deux plages triangulaires du milieu ;

2. Trois individus se disposent de manière à produire un croisement ternaire des axes (fig. 4).

Les deux combinaisons coexistent probablement dans un même individu puisqu'on trouve la plupart du temps dans les cristaux un mélange de plages simplement uniaxes et de plages douées du pouvoir rotatoire. Il est même probable qu'elles se superposent, la combinaison 1 dominant dans le mélange, ce qui expliquerait le faible pouvoir rotatoire constaté dans les hyposulfates et la présence à peu près constante des six secteurs à propriétés optiques variables.

La démonstration de la pseudosymétrie des hyposulfates hydratés de plomb, de strontiane et de chaux ne me semble ainsi rien laisser à désirer, et c'est mon tour de prédire à M. Brauns qu'il s'épuisera en vains efforts pour les maintenir sur la liste des substances réellement hexagonales.

Sur un nouveau type de pyroxène

Par M. K. de Kroustchoff.

Dans ma note précédente sur les tachylytes de Rossberg, j'ai déjà signalé l'occurrence de magnifiques cristaux d'un pyroxène presque incolore, dont la constitution chimique et les formes cristallines méritent d'être étudiées en détail. Le verre brun, qui les contient, forme une enclave de presque 12^{cm} dans le basalte ; la partie contiguë au basalte paraît scoriacée et décomposée en matière terreuse et cellulaire, l'intérieur du nodule, au contraire, est encore parfaitement

frais, compacte et à cassure réticulaire comme beaucoup de pechsteins. On y reconnaît déjà à la loupe de fréquentes aiguilles d'une couleur verte très pâle d'un minéral pyroxénique, qui offre une ressemblance frappante avec le diopside.

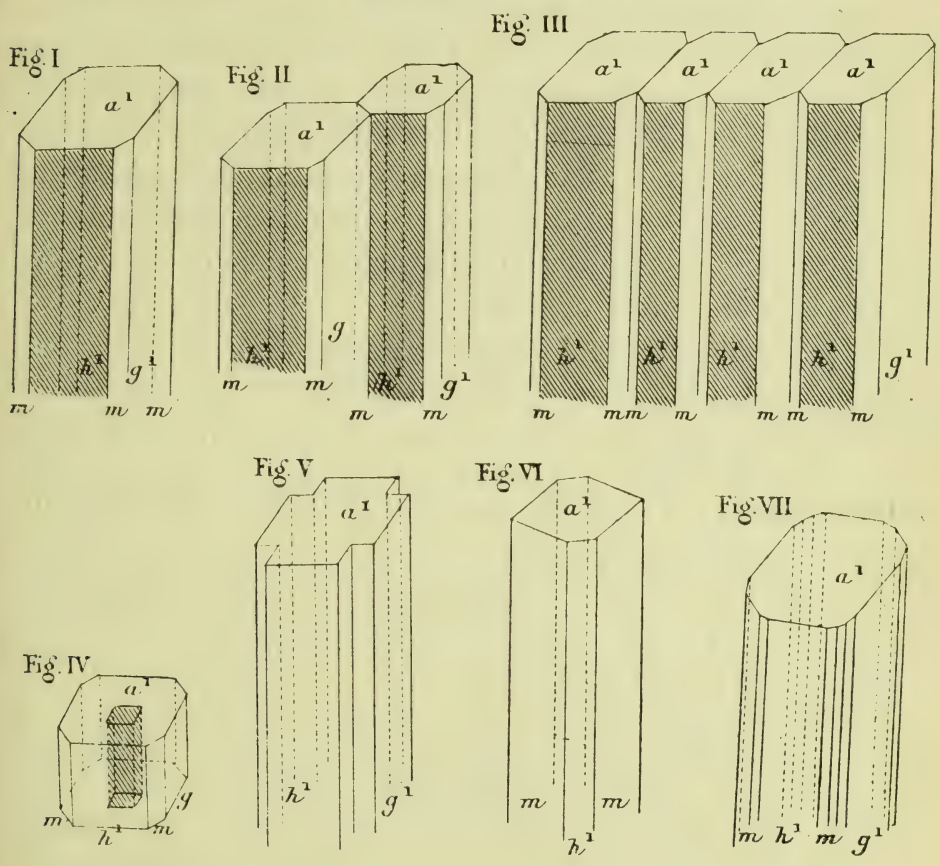
En traitant ce tachylyte grossièrement pulvérisé par de l'eau régale pendant plusieurs jours à chaud, j'ai obtenu un résidu insoluble verdâtre, tout à fait cristallin, mêlé de particules blanches de silice amorphe, qui ont été éliminées par lavage et puis avec de la lessive alcaline bouillante. La poudre ainsi préparée est essentiellement composée d'aiguilles vertes visibles à l'œil nu; au microscope on reconnaît qu'elle consiste exclusivement en cristaux prismatiques d'un minéral pyroxénique d'une pureté vraiment idéale.

Examen microscopique. — Ce nouveau type de pyroxène est complètement transparent, d'une belle couleur verte très pâle et sans aucune sorte d'interposition d'une matière étrangère quelconque. Il contient çà et là quelques cavités gazeuses irrégulières et fréquemment une espèce de canal vide, qui perfore le cristal prismatique d'un bout à l'autre (Fig. IV).

Les cristaux d'un type prismatique montrent les combinaisons suivantes :
h^1 (100), g^1 (100), m (110), a^1 $(10\bar{1})$ plus rarement g^3 (120), h^3 (210) et une seule fois $b^1/_2$ $(11\bar{1})$.

La forme la plus simple est en même temps la plus fréquente : h^1g^1, c'est-à-dire un prisme rectangulaire ; ordinairement les faces h^1g^1 sont très largement développées, tandis que *mm* apparaissent très étroites (Fig. I); il en résulte un prisme rectangulaire aux arêtes tronquées par *mm*. D'autres fois la face g^1 disparaît presque ou complètement (Fig. VI) et le cristal montre les faces *mm* très développées, tandis que, au contraire, h^1 devient étroite.

Chez certains cristaux de la forme de h^1g^1m, on aperçoit, en outre, quelquefois parallèlement aux arêtes h^1m et mg^1, de fines stries qui représentent probablement une combinaison oscillatoire avec g^3 et h^3 (Fig. VII). Le plan terminal des prismes, correspondant à la face a^1 $(10\bar{1})$, est rarement bien développé et presque toujours inégal et raboteux ; cependant, j'ai observé deux ou trois fois la face a^1 unie et brillante.



Les prismes sont très souvent accolés ou juxtaposés de différentes manières, ordinairement suivant le plan g^1 (Fig. III) ou quelquefois suivant le plan m (Fig. II). Fréquemment plusieurs individus se juxtaposent suivant un plan prismatique en groupes indéterminables ; un cristal, par exemple, offre une pénétration mutuelle de deux indi-

vidus composés exclusivement des faces h^1g^1 : ses angles rentrants sont formés par les faces g^1h^1 (Fig. V).

Les clivages *mm* apparaissent marqués seulement dans les plaques minces ; il paraît qu'il y en a aussi un troisième clivage, ou peut être un plan de séparation suivant a^1. Aucun dichroïsme n'a pu être constaté. En lumière polarisée, au contraire, les couleurs d'interférence sont excessivement vives; au premier coup d'œil l'on est tenté de considérer certains cristaux juxtaposés comme des mâcles, parce qu'ils sont rubanés de différentes couleurs ; mais on reconnaît facilement l'erreur en tournant la préparation jusqu'à l'extinction uniforme du groupe entier. Les couleurs correspondent en conséquence à diverses faces et à des parties de différentes épaisseurs.

J'ai fait toute une série de mesures d'extinctions à travers la face g^1 ; la moyenne de 50 répétitions est de 39°. L'indice de réfraction pris avec le microscope d'après la formule $n = \frac{d}{d-r}$ (d = épaisseur du cristal ; r = déplacement vertical du tube de l'instrument, qui est nécessaire pour qu'un point mis au foyer, apparaisse de nouveau distinctement à travers le cristal interposé dont on a mesuré l'épaisseur d, est 1.599.

Beaucoup d'autres matières vitreuses de la même localité contiennent du pyroxène, cependant d'un type tout différent. Il paraît donc probable que le pyroxène change de forme et de constitution selon les espèces de roches étrangères empâtées dans le basalte, qui, en fondant, ont donné naissance à diverses substances vitreuses hydratées, comprises sous le nom de tachylytes. Pour vérifier tant soit peu cette supposition, j'ai examiné les pyroxènes contenus dans d'autres verres basaltiques de Rossberg :

I. Tachylyte jaune opaque. Pyroxène verdâtre, trans-

parent, en faisceaux d'aiguilles sans faces terminales. L'extinction rapportée à l'axe prismatique fait un angle de 42°.

II. Tachylyte vert, translucide. Pyroxène en cristaux courts, tronqués et difformes d'un vert jaunâtre. L'extinction est de 47°.

III. Tachylyte brun foncé. Pyroxène d'une couleur vert végétal, en prismes arrondis et en grains. L'extinction y a lieu à 50° et plus.

Je ne possède pas assez de substance pour isoler ces divers pyroxènes, en conséquence leur constitution chimique m'est complètement inconnue; cependant, en considérant la différence de l'extinction, on est porté à supposer plusieurs variétés.

Examen chimique. — Le minéral pyroxénique isolé et d'une pureté parfaite, séché à 200°C. m'a fourni les proportions suivantes :

	Analyse	
Silice	49.18	
Acide titanique . . .	trace	Densité : 3.434
Alumine	2.15	
Oxyde ferrique . . .	4.96	
Oxyde ferreux . . .	9.04	
Oxyde manganeux .	trace	
Chaux	20.30	
Magnésie.	13.07	
Soude	1.89	
Potasse	0.30	
	100.89	

Discussion de l'analyse :

49.18	$SiO^2 = 26.229$	Oxygène	$= 26.229$
2.15	$Al^2O^2 = 1.002$	»	$= 2.490$ Sesquioxydes.
4.96	$Fe^2O^3 = 1.488$	»	

9.04 FeO	=	2.009	Oxygene	= 13.576 Protoxydes.
20.30 CaO	=	5.800	»	
13.07 MgO	=	5.228	»	
1.89 Na^2O	=	0.488	»	
0.30 K^2O	=	0.051	»	

La relation de l'oxygène est en conséquence :

$$2.490 : 13.576 : 26.229$$

ou :

$$\frac{2.490 \times 13.576}{26.229}$$

$$= 1.289 \text{ (quotient de l'oxygène).}$$

Éléments		Quotients.	
Si . . .	22.951	0.8200	
Al. . .	1.148	0.0420	= 0.1040
$\overset{III}{Fe}$ . .	3.472	0.0620	
Fe . .	7.031	0.1256	
Ca . .	14.500	0.3625	= 0.8151
Mg . .	7.842	0.3270	
Na . .	1.402	0.0610	= 0.0672
K . . .	0.249	0.0062	
O . . .	42.295	2.6434	

Explication des Figures.

Fig. I. Cristal de pyroxène avec $h^1g^1a^1m$.
Fig. II. Juxtaposition suivant m.
Fig. III. Juxtaposition suivant g^1,
Fig. IV. Cristal creux.
Fig. V. Pénétration mutuelle de deux cristaux suivant h^1g^1.
Fig. VI. Cristal avec a^1h^1m.
Fig. VII. Cristal avec $a^1h^1mg^1$ avec combinaison oscillatoire h^2g^1.

Breslau, février 1885.

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 5569-5.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

ANNÉE 1885. — BULLETIN N° 4

Compte rendu de la séance du 9 avril 1885

PRÉSIDENCE DE M. EM. BERTRAND

M. le Dr E. WIEDEMANN, professeur à l'Université de Leipzig, présenté par MM. Friedel et Jannettaz, est nommé membre de la Société.

Le secrétaire fait part à la Société des démarches qui sont faites après du Gouvernement en vue d'obtenir la reconnaissance d'utilité publique. Il donne lecture des statuts revisés conformément au cadre adopté par le conseil d'État; ces statuts sont adoptés par la Société.

La Société adopte notamment une disposition tendant à conférer le titre de membre perpétuel à tout membre ayant versé au moins la somme de 500 francs.

Il est procédé à l'élection de deux membres de la commission de comptabilité, en remplacement de MM. Dufet et Michel-Lévy, précédemment nommés, qui, aux termes des statuts, ne peuvent faire partie de cette commission. MM. Frossard et Mallard sont élus à l'unanimité.

M. JANNETTAZ, trésorier, donne lecture des comptes de l'exercice 1884 et du compte général pour l'exercice 1885.

COMPTES DE L'EXERCICE 1884

DÉPENSES

				EFFECTUÉES		Prévues
Sur l'exercice 1884	Bulletin	Impression, brochage, port. . .	2649.97	3315.97	4321.32	3550
		Gravure	666. »			
	Diverses	Ports de lettres, avis, circulaires, etc	264.15	1005.35		
		Allocation au garçon. .	100 »			
		Placement de cotisations à vie. .	641.20			
Arriéré sur l'exercice 1883	Bulletin	Impression, etc	620.41	772.41	1254.96	1400
		Gravure.	152 »			
	Diverses	Circulaires, avis, etc. .	57.80	482.55		
		Allocation au garçon . .	100 »			
		Placement de cotisations à vie . .	212.60			
		Pour extraits.	112.15			
		TOTAUX.			5576.28	4950

L'excédent des dépenses effectuées sur celles prévues tient au placement des cotisations à vie.

RECETTES

			EFFECTUÉES	PRÉVUES
En caisse au 1er janvier 1884			677.80	677.80
Cotisations	Arriérées. . 994.71	2242.71	3242.81	2400 »
	Courantes . 1090.65			
	Anticipées. 157.35			
	A vie	1000.10		
Bulletins, abonnements et vente . .			502.30	600 »
Rentes			121 »	120 »
Souscription ministérielle			600 »	600 »
Recouvrements pour gravures . . .			481.60	487.40
TOTAUX. . .			5625.51	4885.20

L'excédent des recettes effectuées sur celles prévues tient au nombre assez élevé des cotisations à vie qu'on ne pouvait prévoir.

COMPTE GÉNÉRAL POUR L'ANNÉE 1885

RECETTES

En caisse au 1er janvier 1885	49	23
Cotisations	2700	»
Abonnement et vente du bulletin	600	»
Souscription ministérielle	600	»
Rentes	166	»
Recouvrement pour excédent de gravure	166	»
	4281	23

DÉPENSES

Bulletin; impression de 1885	3000	»
Gravure	500	»
Diverses	750	»
	4250	»

La Société possède 166 francs de rentes 4 1/2 0/0 ayant coûté 4260 fr. 29 c. et valant au 9 avril 4000 francs.

Elle compte 12 membres honoraires,
186 membres vivants dont 20 à vie.
(15 membres décédés)

Il est dû plus de 2000 francs par les membres des départements ou de l'étranger, et plus de 1500 francs par les membres de Paris.

Sur l'harmotome de Bowling (Écosse)

PAR M. A. LACROIX.

C'est au centre d'une géode de prehnite que j'ai recueilli les petits cristaux qui font l'objet de cette note. Ils présentent les faces p^1 (001). h^1 (100), g^1 (010) et m (110) rare.

Ils sont formés par l'assemblage de deux cristaux maclés suivant la loi de la Morvénite et croisés à angle droit. Celui des cristaux composés qui a tourné de 90° par rapport à l'autre est toujours beaucoup plus petit et ne pénètre que peu avant dans le grand cristal *(fig. 1)*.

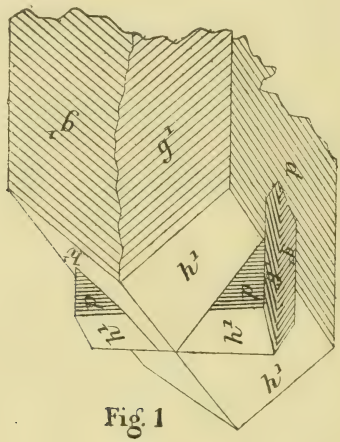


Fig. 1

Celui-ci est allongé suivant l'arête pg^1. Les faces de ces cristaux sont striées et arrondies, ce qui rend la mesure des angles difficile et peu sûre. Un bon cristal m'a donné les valeurs suivantes :

$$pg^1 = 90^\circ$$
$$h^1g^1 = 90^\circ$$
$$ph^1 = 124^\circ\ 41'$$
$$h^1{}_1y = 107^\circ \text{ environ.}$$

La bissectrice est positive. Le plan des axes et la bissectrice sont perpendiculaires au plan de symétrie.

Si l'on taille un cristal suivant le plan de symétrie, on voit que le cristal est partagé en deux plages comme l'indiquaient déjà les stries que l'on remarque sur le cristal. Ces stries se croisent sous un angle d'environ 107°.

L'assemblage ne se fait pas suivant une face, mais suivant une surface irrégulière, comme l'a déjà fait voir M. Des Cloizeaux, sur les cristaux d'Andréasberg et de Strontian.

Ces deux plages s'éteignent à 5° environ l'une de l'autre. Dans chacune d'elles, l'axe moyen d'élasticité fait un angle d'environ 6° (en dedans) avec l'arête pg^1, le plan des axes de la plage droite est donc à 6° près parallèle à l'arête h^1g^1 de la plage gauche (*fig.* 2) et inversement pour le plan des axes de la plage gauche.

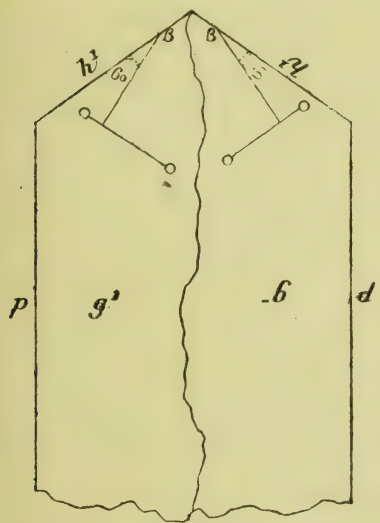


Fig. 2

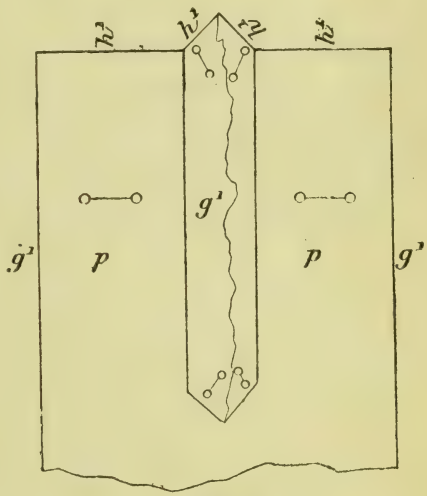


Fig. 3

Une plage taillée parallèlement à p (*fig.* 3) fait voir le petit cristal, dans lequel les axes sont disposés comme il a été dit plus haut, situé au milieu du grand cristal dont les axes d'élasticité sont respectivement parallèles à ph^1 et à pg^1, le plan des axes est parallèle à ph^1.

Si maintenant on taille une plaque tangentiellement au biseau $h^1{}_1q$, on observe une section carrée qui devrait être

formée de huit secteurs. Ils sont très irréguliers et l'on n'en distingue souvent que quatre ou cinq bien nets. Ces diverses parties de la plage s'éteignent ensemble parallèlement aux côtés, les axes d'élasticité de ces diverses parties se coupant réciproquement à 90°.

Ces cristaux sont engagés dans la gangue par l'un des pointements. Ils sont surtout remarquables par la disproportion des deux groupes de cristaux constituant la macle double.

Sur la Harringtonite

PAR M. A. LACROIX.

Thomson a décrit sous le nom de Harringtonite une zéolithe d'Irlande se présentant en petites masses compactes à texture imparfaitement fibreuse, très serrées, ternes, d'un blanc de neige et très tenaces. Sa dureté est 5,25; sa densité 2,217. Sa composition centésimale est la suivante.

Silice	44,84
Alumine	28,48
Chaux	10,68
Soude	5,56
Eau	10,28
	99.84

M. Des Cloizeaux a bien voulu me remettre un fragment original de cette espèce que lui avait donné Thomson lui-même. J'ai pu ainsi la comparer aux échantillons que j'ai recueillis dans la même localité à Port Rush (comté d'Antrim).

Examinée en lumière polarisée, la Harringtonite se résout en une masse isotrope dans laquelle on trouve de rares

cristaux appartenant à deux espèces distinctes. La première est formée de petites aiguilles filiformes, à extinctions longitudinales et de signe négatif. La biréfrigence maximum de ces cristaux et de 0,011. La seconde constitue de petits fragments à bords déchiquetés. Le signe est également négatif. Les extinctions sont très obliques ainsi que le plan des axes optiques.

Aucun de ces minéraux ne présente de clivage en lumière naturelle; ils ne se distinguent pas de la masse colloïde dans laquelle ils sont noyés.

Les petits cristaux filiformes ont les propriétés optiques et la biréfrigence de la mésotype, mais sont de signe contraire. L'autre zéolithe semble être de la mésolite.

Leur peu d'abondance ne permet pas d'être plus affirmatif.

On le voit, la Harringtonite n'est pas une substance homogène, ayant des propriétés optiques qui lui soient propres. On sait que les zéolithes sont des produits d'origine thermale ; il semble que la Harringtonite doive être considérée comme une masse gélatineuse ayant empâté de petites aiguilles et des fragments de cristaux de diverses espèces flottant dans le liquide où elle s'est formée, et non comme le produit de décomposition de la mésolite dont elle a à peu près la composition chimique.

Sur la Bowlingite et une chlorite des porphyrites labradoriques d'Ecosse.

PAR M. A. LACROIX.

Sous le nom de Bowlingite, Hannay a décrit (1) un minéral formé aux dépens des mélaphyres labradoriques de Bow-

(1) *Mineralogical Magazine*, T. I, p. 154.

ling (Dumbartonshire) et de Cuthbin Hill, près Glasgow. D'après les analyses qu'en a faites ce savant, c'est un hydrosilicate d'alumine, de fer et de magnésie, avec un peu de carbonate de chaux. Ayant eu l'occasion d'en récolter un certain nombre d'échantillons, il m'a été possible de l'examiner optiquement.

Si l'on taille une section parallèlement aux fibres du minéral, on se rend facilement compte des divergences remarquées dans les diverses analyses qui ont été faites de ce minéral. Si en effet, l'on désigne sous le nom de Bowlingite le minéral fibreux, on voit qu'il ne forme qu'une partie de la masse. Les fibres sont noyées dans un magma serpentineux presque complètement isotrope. Cette même substance serpentineuse existe à l'état d'inclusions dans les fibres de Bowlingite qui sont fort souvent tordues et contournées.

En lumière polarisée ces fibres s'éteignent pour la plupart parallèlement à leur allongement.

Il y a cependant quelques extinctions obliques. Le plan des axes est parallèle à l'allongement qui est positif. L'angle des axes est assez grand autour de la bissectrice qui est négative. La biréfrigence maxima $\alpha - \gamma$ est de 0,015.

Ce minéral est donc orthorhombique ou monoclinique. Dans ce dernier cas il serait allongé suivant la zone ph^1 perpendiculaire au plan de symétrie, le plan des axes serait compris dans une face de la zone ph^1 et la bissectrice perpendiculaire à une face de cette même zone.

Les porphyrites labradoriques de Bishopton renferment de petits nids d'une chlorite intéressante.

Elle se présente en petites rosettes très biréfrigentes, largement étalées, donnant en lumière parallèle la croix noire des substances sphérolithiques. Cette chlorite est uniaxe et positive. Sa biréfrigence maximum dans les sections parallèles à l'axe optique est de 0,018.

Dans cette direction les couleurs de polarisation sont le rouge violacé de premier ordre.

Je n'ai pu malheureusement isoler une quantité de substance suffisante pour en faire l'analyse.

Sur les inclusions de la phlogopite de Templeton (Canada).

par A. Lacroix.

On trouve à Templeton (Canada) de grandes lames hexagonales $p(001)$ $m(110)$ $g^1(100)$ d'un mica dans lequel j'ai observé les inclusions qui font l'objet de cette note.

Ce mica est noir en masse, brun en lames minces. Le plan des axes optiques est parallèle au plan de symétrie : l'angle des axes est faible.

$$2E \text{ (rayons jaunes)} = 15^\circ.$$

$$\rho < v$$

Il ne contient ni fluor, ni lithine, ni manganèse. C'est un mica ferro-magnésien, une phlogopite.

Les inclusions qui nous occupent ne sont pas orientées d'une façon quelconque ; elles se coupent sous des angles de 90°, 120° et 150° en formant un réseau qui détermine, lorsqu'on examine la flamme d'une bougie à travers une lame, une astérie à six grandes branches avec six branches secondaires servant de bissectrices aux angles des branches principales. On sait que dans le mica,

$$mm = 120^\circ$$
$$mg^1 = 120^\circ$$
$$g^2g^2 = 120^\circ$$
$$mh^1 = 150^\circ$$
$$mg^2 = 150^\circ$$
$$g^2g^2 = 150^\circ$$
$$h^1g^1 = 90^\circ$$

C'est parallèlement aux faces $m(110)$ $h^1(010)$ $g^1(100)$ $g^2(310)$ que sont disposées ces inclusions.

Afin d'avoir une vérification chimique de l'identité de ces cristaux avec le rutile, j'ai effectué les essais suivants.

Le mica a été réduit par le clivage en lames minces, puis introduit avec de l'acide chlorhydrique concentré dans un ballon en verre résistant. Le ballon clos a été maintenu pendant quarante-huit heures à 250° dans une étuve à gaz. Au bout de ce temps, le mica est complètement attaqué : il se décolore, mais il reste un squelette blanc nacré, transparent, sans action sur la lumière polarisée, dans lequel subsistent les cristaux de rutile. Ce résidu a été lavé, puis traité par une dissolution concentrée de potasse caustique. Après une demi-heure d'ébullition, le squelette du mica est complètement dissous, et il ne reste que les petites aiguilles de rutile à reflets multicolores nageant dans la liqueur. Ces cristaux sont recueillis sur un filtre et débarrassés de la potasse par des lavages. Lorsque le filtre est sec, toutes les aiguilles de rutile enchevêtrées les unes dans les autres forment une sorte de feutre nacré qui, au microscope, se résout en une multitude de petites aiguilles transparentes.

Si l'on veut obtenir des cristaux isolés, il est nécessaire d'user d'un stratagème. Les cristaux sont mis en suspension dans de l'eau avec laquelle on remplit un grand entonnoir, au fond duquel est placée horizontalement une lame de verre. Au bout d'un instant, les cristaux se groupent autour de la lame de verre; on laisse alors écouler le liquide. En portant à l'étuve l'entonnoir, on dessèche la plaque de verre à laquelle restent adhérents de nombreux cristaux que l'on fixe à l'aide d'une goutte de baume du Canada liquide.

L'attaque du mica peut être faite plus rapidement par l'acide sulfurique : mais ce procédé est mauvais, car, sous l'action de l'acide sulfurique, le mica blanchit, se gonfle et devient opaque. Il n'est alors plus possible de vérifier si l'attaque a été complète.

Grâce à ce procédé, j'ai pu isoler quelques centigrammes de cristaux sur lesquels j'ai fait les essais qualitatifs suivants :

Les cristaux ont été fondus avec de l'hydrate de potasse. La masse a été reprise par l'acide chlorhydrique puis chauffée avec du zinc. Il s'est développé la couleur violette caractéristique de l'acide titanique.

Ces cristaux sont peu colorés : ils sont polychroïques; le violet, le bleu et le jaune pâle sont les couleurs dominantes.

Ils sont allongés suivant les arêtes du prisme. et couchés dans la base du mica suivant une face du prisme; par suite, ils ne donnent aucune image en lumière polarisée convergente; leur extinction en lumière parallèle se fait parallèlement à l'arête d'allongement.

Parmi ces cristaux, les uns sont très minces et très longs; ils forment une sorte de trame, les autres sont courts et bien formés. On trouve en outre des cristaux fusiformes renflés au centre et terminés par une longue pointe.

Les cristaux bien formés sont ou bien rectangulaires (prisme m et base $p = 90°$) ou bien hémimorphes. Dans ce cas, l'une des extrémités du cristal est formée par la base et l'autre par un pointement très aigu (20° environ) faisant avec le prisme un angle de 170°. Parfois, ce pointement est tronqué par la base. On trouve quelques cristaux mâclés avec le plan d'assemblage parallèle à b^1.

L'identité physique et chimique de ces cristaux antihémiédriques avec le rutile me semblent suffisamment dé-

montrée. La présence d'une aussi grande quantité de semblables inclusions dans le mica paraît être peu commune, car je n'ai pu en trouver dans la nombreuse collection des micas du Muséum d'histoire naturelle, dont M. Des Cloizeaux a bien voulu me permettre l'examen (1).

Description d'un assemblage de cristaux de cassitérite. — Détermination du rapport exact des dimensions du prisme primitif. — Isogonisme des zones (100) (010) et (100) (035).

Par M. G. Cesàro.

L'assemblage dont il s'agit a été représenté pl. II, fig. 1, en doublant ses dimensions naturelles. Il est formé de trois cristaux ABCP123Dα, NλKεODRδ et IμLρFE, placés de façon à simuler un prisme à base carrée, portant des troncatures sur les arêtes H. Effectivement, en représentant les faces A et R par M, on trouve pour B la notation B^1, pour C et K la notation $B^{5/3}$, la face D correspondant à H^1. Mais la position de la facette δ montre qu'il est impossible de considérer le second cristal comme nous venons de le faire : en prenant R pour la face M, δ ne satisfait pas à la loi des caractéristiques entières (2) : au contraire, en prenant K pour M et R pour $B^{5/3}$, δ a pour notation B^1. Dans ce cas, on a trouvé que la face D, considérée comme appartenant au cristal de droite, a pour notation 835. Ainsi donc il y a coïncidence parfaite

(1) Ce travail, ainsi que les précédents, a été fait dans le laboratoire de M. Fouqué au Collège de France.

(2) En désignant la face δ par $0kl$, on trouve : $\frac{k}{l} = 6,886$. En transformant cette valeur en fraction continue, on trouve $\frac{55}{8}$ pour seconde réduite (approchée à moins de 1/100).

entre la face 110 du cristal antérieur et la face 835 du cristal de droite.

En outre, la face α du premier cristal est aussi en coïncidence parfaite avec la face β du cristal de droite (1) : or, on a trouvé pour ces faces les notations : $11\bar{1}$ et $1\bar{1}1$.

Il suit de là que, dans la cassitérite, l'angle (835) $(1\bar{1}1)$ est rigoureusement égal à l'angle (110) $(11\bar{1})$. En égalant les valeurs des cosinus de ces angles, j'ai pu trouver la valeur exacte du rapport des dimensions du prisme primitif, qui est :

$$\rho = \frac{a}{c} = \frac{\sqrt{11}}{\sqrt{5}} = 1,48324.....$$

La valeur de ρ à laquelle je parviens, en me servant des angles donnés par les auteurs, est :

$$\rho = 1,48671.....$$

En adoptant la valeur $\rho = \sqrt{\frac{11}{5}}$, on parvient à ce fait que la zone (035) (100) est parfaitement isogone à la zone (100) (010); c'est-à-dire que toute face possible dans la zone parallèle à l'axe $2c$ est aussi possible dans d'autres zones; notamment l'ensemble 0°, 45°, 90°, 135°, 180° caractéristique de la première zone peut aussi se trouver dans d'autres positions. Effectivement le cristal de droite montre cet ensemble dans les deux zones dont il s'agit, 1° par les faces SNKO, 2° par STRD. Nous verrons plus loin pourquoi il est impossible de considérer cet ensemble comme provenant de la jonction de deux zones (100) (110) (010) appartenant à deux cristaux différents.

(1) Malgré le joint apparent où ces faces se réunissent, on n'aperçoit qu'une seule image au goniomètre.

MESURE DES ANGLES

Le poids et les dimensions considérables du cristal ne nous ont permis de mesurer les angles qu'à 10 ou 15 minutes près; du reste, une plus grande précision était inutile pour le but que nous nous proposions.

$\widehat{AB}$ 55°45′	$\widehat{AC}$ 68°4′	$\widehat{1}$ 26°37′	$\widehat{C2}$ 44°50′	$\widehat{\alpha\beta, D}$ 46°45′	$\widehat{1D}$ 56°19′
$\widehat{2D}$ 46°36′ $\widehat{RK}$ 67°43′	$\widehat{3D}$ 46°20′	$\widehat{BP}$ (incertain) 28°34′	$\widehat{AP}$ (incertain) 60°15′	$\widehat{RS}$ 12°11′	$\widehat{\delta K}$ 55°32′
$\widehat{O\varepsilon}$ 18°12′	$\widehat{\varepsilon K}$ 26°48′	$\widehat{K\lambda}$ (incertain) 26°5′	$\widehat{\lambda N}$ 18°55′	$\widehat{N\lambda'}$ 18°22′	$\widehat{\lambda' S}$ 26°17′
Moyennes : 26°23′ et 18°30′. Somme : 44°53′.					
Eh' 18°12′ Rh^{IV} 26°47′	h'A 26°52′ h^{IV}T 18°37′	Ah'' 26°43′	h''D 18°27′	Dh''' 18°29′	h'''R 26°21′
		Moyennes : 26°41′ et 18°26′ Somme : 45°7′.			

Calcul de $\rho = \frac{a}{c}$.

L'angle des normales à deux faces quelconques $(hkl)(h'k'l')$ est donné par la formule :

$$\cos \varphi = \frac{hh' + kk' + ll'\rho^2}{\sqrt{(h^2 + k^2 + l^2\rho^2)(h'^2 + k'^2 + l'^2\rho^2)}}$$

On trouve dans les auteurs :

$$A^1A^1\,(\text{adj}) = 121^\circ 40', \quad \varphi = 58^\circ 20'.$$

$$\left.\begin{array}{r} hkl = 111 \\ h'k'l' = \bar{1}11 \end{array}\right\} \cos\varphi = \frac{\rho^2}{2+\rho^2}.$$

d'où

$$\rho = \frac{\sqrt{\cos\varphi}}{\sin\frac{\varphi}{2}} = 1.486714.$$

CRISTAL PLACÉ SUR LE DEVANT

Notations de B et C.

Sont de la forme $0kl$.

$$B]\ \frac{c}{l} = \frac{a}{k}\,\text{tg}\,(90^\circ - 55^\circ 45'), \quad \frac{k}{l} = \rho\,\text{tg}\,34^\circ 15' = 1 \ldots B = 011 = B^1$$

$$C]\ \frac{c}{l} = \frac{a}{k}\,\text{tg}\,(90^\circ - 68^\circ 4'), \quad \frac{k}{l} = \rho\,\text{tg}\,21^\circ 56' = \frac{3}{5} \ldots C = 035 = B^{5/3}$$

Notations de 1 et 2.

En examinant le cristal, on voit que l'axe de la zone C12 est dirigé suivant la ligne de pente de la face C. (Nous vérifierons cette assertion par d'autres mesures). Les faces 035, 135 appartiennent à cette zone qui a donc pour équation : $5y = 3z$. Soit xyz une face quelconque de cette zone ; l'angle que cette face fait avec C(035) est donné par :

$$\cos\varphi = \frac{3y + 5z\rho^2}{\sqrt{(9+25\rho^2)(x^2+y^2+z^2\rho^2)}},$$

ou

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{3x}{y\sqrt{9+25\rho^2}}.$$

On en tire :

$$\frac{x}{y} = \frac{\sqrt{9 + 25\rho^2}}{3} \operatorname{tg} \varphi.$$

1] $\varphi = 26^\circ 37'$ $\quad \frac{x}{y} = \frac{4}{1} \ldots 1 = 435$

2] $\varphi = 44^\circ 50'$ $\quad \frac{x}{y} = \frac{8}{3} \ldots 2 = 835$

Notation de h''.

Est de la forme $hk0$.

$$\frac{h}{k} = \operatorname{tg} 26^\circ 41' = \frac{1}{2} \ldots h'' = 120 = H^2.$$

Vérifications.

Nous avons trouvé par la mesure directe : $\widehat{1D} = 56^\circ 19'$, $\widehat{2D} = 46^\circ 36'$: vérifions ces valeurs par le calcul :

$$\left.\begin{array}{l} 1 = 435 \\ D = 110 \end{array}\right\} \cos \varphi = \frac{7}{\sqrt{50(1 + \rho^2)}}, \ \varphi = 56^\circ 28'$$

$$\left.\begin{array}{l} 2 = 835 \\ D = 110 \end{array}\right\} \cos \varphi = \frac{11}{\sqrt{2(73 + 25\rho^2)}}, \ \varphi = 46^\circ 37'.$$

Notation de P.

Son intersection avec B est dirigée suivant la ligne de pente de cette dernière face ; elle appartient donc à la zone : $y = z$ et est de la forme xyy : l'angle qu'elle fait avec 011 est $\varphi = 28^\circ 34'$. Or,

$$\frac{x}{y} = \operatorname{tg} \varphi \sqrt{1 + \rho^2} = 1 \ldots\ldots P = \bar{1}11 = A^1.$$

Vérification. On a trouvé, par la mesure, $\widehat{PA} = 60^\circ 15'$.

$$\left.\begin{array}{l} P = \bar{1}11 \\ A = 010 \end{array}\right\} \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{2 + \rho^2}}, \quad \varphi = 60^\circ 50'.$$

Notations de 3 et de α.

La face 3 coupe D suivant une horizontale; elle est donc de la forme xxz : l'angle qu'elle fait avec D est $\varphi = 46°20'$.

$$\frac{z}{x} = \frac{\operatorname{tg}\varphi\sqrt{2}}{\rho} = 1 \ldots\ldots 3 = 111$$

On trouve de même : $\alpha = 11\bar{1}$

CRISTAL DE DROITE

En consultant le tableau des angles mesurés, on voit que :

$$K = M, \quad \delta = B^1, \quad R = B^{5/3}.$$

On voit aussi que les faces ε, λ, λ' ont pour notation H^2, que les faces N et O ont pour notation H^1, que h''' et h^{IV} sont analogues à 1 et ont pour notation 435, enfin, que T et D correspondent à 2 et ont pour notation 835. Il nous reste à chercher la notation de la facette β, qui est en coïncidence avec α.

A cet effet, supposons d'abord que la face R ait pour notation M; dans ce cas, la face β aurait pour notation A^1. Faisons ensuite tourner le cristal de manière que R devienne $B^{5/3}$ et voyons ce que deviendra β. Nous supposons le cristal renversé de façon que la face R soit à gauche; alors la face $\alpha\beta$ se trouve vers le haut; nous prenons (fig. 2) comme plans de projection le plan des zy et le plan des xy; l'axe des y est supposé dirigé vers le spectateur. Le plan R aura pour traces R'R, le plan $\alpha\beta$ sera représenté par $t't$.

Pour que la face R prenne sa vraie position $B^{5/3}$, il faudra faire tourner le cristal autour de Ox, dans le sens de la flèche, d'un angle $\varphi = AOB$: alors R'R deviendra parallèle

à AB. Voyons ce que devient $t't$. Le point K qui est sur l'axe reste fixe pendant la rotation, la droite OL perpendiculaire à t' vient en OL′ après avoir décrit un angle φ : en menant au point L′ la tangente au cercle LL′, nous aurons la nouvelle trace verticale $y'z$. Il nous reste à calculer le rapport des nouveaux segments oy' et oz que la face β intercepte sur les axes, puis les nouvelles caractéristiques.

On a :

$$OL' = OL = a \sin \chi = c \cos \chi.$$

$$oz = \frac{OL'}{\cos(\varphi - \chi)} = \frac{c \cos \chi)}{\cos(\varphi - \chi)}, \quad \frac{c}{oz} = \cos \varphi + \sin \varphi \operatorname{tg} \chi$$

$$oy' = \frac{OL'}{\sin(\varphi - \chi)} = \frac{a \sin \chi}{\sin(\varphi - \chi)}, \quad \frac{a}{oy'} = \sin \varphi \operatorname{cotg} \chi - \cos \varphi.$$

Or,

$$\operatorname{tg} \chi = \frac{c}{a} = \frac{1}{\rho}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{5}{3} \rho,$$

d'où

$$\cos \varphi = \frac{3}{\sqrt{9 + 25\rho^2}}, \qquad \sin \varphi = \frac{5\rho}{\sqrt{9 + 25\rho^2}},$$

Donc :

$$\frac{c}{oz} = \frac{8}{\sqrt{9 + 25\rho^2}} = 1$$

$$\frac{a}{oy'} = \frac{5\rho^2 - 3}{\sqrt{9 + 25\rho^2}} = 1.$$

Ainsi β garde la même notation, après la rotation $\beta = 1\bar{1}1$ (1).

(1) On voit que $\varphi - \chi = \chi$, $\varphi = 2\chi$, $180° - B^{5/3}M = 2(B^1M - 180°)$, ou $B^{5/3}M + 2B^1M = 360°$.

Comme vérification, calculons l'angle $\widehat{D\beta}$ qui a été trouvé de 46°45′ par la mesure.

$$\varphi = (1\bar{1}1)(835), \quad \cos\varphi = \frac{5(1+\rho^2)}{\sqrt{(2+\rho^2)(73+25\rho^2)}}, \quad \varphi = 46°15'.$$

Pour noter le cristal, plaçons la face K devant nous, la face R à la partie supérieure, l'axe des y étant dirigé vers l'observateur. Alors,

$K = 010$	$\lambda = \bar{1}20$	$\beta = 1\bar{1}1$	$S = \bar{1}00$
$\delta = 011$	$h''' = 435$	$N = \bar{1}10$	
$R = 035$	$O = 110$	$h^{IV} = \bar{4}35$	
$\varepsilon = 120$	$D = 835$	$T = \bar{8}35$	

Calcul de la valeur exacte de ρ.

De ce qui précède résulte que, dans la cassitérite, les angles (835) (1$\bar{1}$1) et (110)(11$\bar{1}$) sont égaux, vu qu'il y a coïncidence d'un côté entre les faces représentées par D, d'autre côté entre les faces α et β. Ceci nous permet de calculer la vraie valeur de ρ. En égalant les cosinus des deux angles, il vient :

$$\frac{5(1+\rho^2)}{\sqrt{2+\rho^2}\sqrt{73+25\rho^2}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2+\rho^2}}.$$

On en tire :

$$\rho^2 = 2{,}2 \text{ ou } \rho = \sqrt{\frac{11}{5}}.$$

L'angle B^1M serait de 123° 59′ 16″,23.

L'angle des deux faces adjacentes du quadroctaèdre primitif serait donné par

$$\cos\varphi = \frac{\rho^2}{2+\rho^2} = \frac{11}{21}, \quad \widehat{A^1A^1} = 121°35'17'',29$$

au lieu de 121°40′ donné par les auteurs (1).

(1) Il serait curieux d'effectuer de nouvelles mesures sur des cristaux à faces bien réfléchissantes, pour s'assurer qu'on arrive effectivement à 121°35′. En opérant sur une petite aiguille cristalline, j'avais trouvé, il y a quelque temps, par des mesures fort précises, le chiffre de 121°37′.

Isogonisme des zones (035) (100) et MM.

Il est facile de voir à présent que les zones (035)(100) et MM sont complètement isogones, c'est-à-dire qu'il est possible de trouver dans la première zone une face faisant avec 035 le même angle qu'une face existant dans la seconde zone fait avec 010. En effet, soit $hk0$ une face existant dans la zone MM, soit φ l'angle qu'elle fait avec 010. Voyons s'il est possible de trouver une face xyz, dans la zone $5y = 3z$, faisant le même angle φ avec 035.

On doit avoir à la fois :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{k} \text{ et } \operatorname{tg} \varphi = \frac{3x}{y\sqrt{9 + 25\rho^2}} = \frac{3x}{8y}.$$

Donc :

$$\frac{3x}{8y} = \frac{h}{k}, \text{ ou } \frac{x}{y} = \frac{8h}{3k}.$$

Il suffit de prendre $\begin{cases} x = 8h \\ y = 3k \\ z = 5k \end{cases}$

Ainsi il y aura égalité entre les angles : $(hk0)(010)$ et $(035)(8h.3k.5k)$.

La face	110	correspondra à	835
»	120	»	435
»	140	»	235
»	180	»	135
»	210	»	16.3.5.

Nos cristaux présentent précisément les suites isogones :

010, 120, 110 et
035, 435, 835.

CRISTAL DE GAUCHE

Il est formé par la gémination de deux cristaux à axes parallèles. Les faces y sont orientées de telle façon que ce cristal est le symétrique du cristal de droite par rapport au plan des yz. On y voit en U une face parallèle à y faisant avec Q un angle d'environ 56°. En plaçant la face L devant soi et la face Q vers le haut, il est facile de voir que la face U a pour notation $0\bar{1}1$, Effectivement, son angle avec Q(035) est donné par :

$$\cos\varphi = \frac{5\rho^2 - 3}{\sqrt{(1+\rho^2)(9+25\rho^2)}} = \frac{1}{\sqrt{1+\rho^2}},$$

ou $\operatorname{tg}\varphi = \rho$: donc l'angle que $0\bar{1}1$ fait avec 035 est identique à l'angle que 011 fait avec 010.

Angles rentrants.

Dans ce qui précède nous avons considéré chaque cristal examiné comme simple. En regardant attentivement l'assemblage, on y aperçoit de petits angles rentrants et des lignes de suture, indiquant que les cristaux examinés sont formés par la jonction de plusieurs autres. Ainsi, la face B du cristal antérieur porte une ligne de suture (qu'on a dessinée en pointillé sur la projection horizontale) parallèle à l'axe des x. A cause de l'égalité des angles observés dans les zones Ah''D, C12, on serait tenté d'admettre que ce cristal est formé par la jonction de deux zones (010)(110)(010) de deux cristaux différents ; mais cette hypothèse est inadmissible. En effet, comme la jonction s'est faite vers le milieu de la face B, la partie supérieure de celle-ci ne satisferait pas à la loi des caractéristiques entières si l'on considérait la face C comme une face M au lieu de la considérer

comme $B^{5/3}$. Il faut donc admettre que le cristal inférieur a apporté à l'assemblage les faces :

A = 010
B = 011, en partie
D = 110,

tandis que le cristal supérieur a apporté les faces

C = 035
B = 011, en partie
1 = 435
2 = 835

Les choses se passent donc comme si le cristal antérieur était simple. Dans le même cristal on aperçoit un petit angle rentrant entre la face D et la face 2 ; de plus, il existe dans la face C, suivant sa ligne de pente, une trace de soudure. Ces deux faits nous portent à croire que les faces 1 et 2, ainsi que la partie de la face C qui les touche, appartiennent à un autre cristal ; il est même possible que ce fragment soit formé de 3 faces 010, 120, 110 qui ont pu venir se placer en prenant les positions 035, 435, 835, à cause de l'isogonisme des zones.

En définitive le cristal de devant est formé de trois cristaux : le premier, placé à la partie antérieure et auquel appartiennent les faces PA*h*″3D et une partie de la face B. le deuxième, placé vers le haut, et qui a apporté une partie de la face B et une grande partie de la face C (celle qui est située à gauche), la face C devant nécessairement être $B^{5/3}$ et non M, à cause des explications données plus haut ; enfin, un troisième cristal représenté par les faces 2, 1 et une petite partie de la face C. Nous avons noté ce dernier cristal comme s'il occupait sa place réelle dans le cristal antérieur.

Le cristal de gauche porte aussi une ligne de suture

dans la face ρ, ce qui indique qu'il est probablement formé par la jonction de deux cristaux placés comme les deux premiers que nous avons examinés dans le cristal de devant.

Cristal inférieur.

Il se trouve à la partie inférieure de l'assemblage, vers la gauche, un cristal orienté d'une façon analogue. Une de ses faces M, représentée par π, se trouve disposée parallèlement à la face M du premier cristal, désignée par A ; une face $B^{5/3}$ désignée par η se trouve placée parallèlement à la face $B^{5/3}$ du cristal de gauche notée Q, donc verticalement : il s'ensuit que son autre face M représentée par ψ, perpendiculaire au plan vertical de projection, est symétrique, par rapport au plan horizontal, de la face M du cristal de gauche notée L. Ce cristal présente, à première vue, une hémiédrie remarquable, ce qui nous engage à la décrire à part. La figure 3 montre la partie visible de ce cristal. Tandis que l'angle inférieur de droite porte une face A^1 régulièrement développée, l'angle supérieur n'en porte qu'un petit rudiment; à sa place se trouvent développées trois facettes en zone avec $B^{5/3}$ et M ; les deux premières sont les faces 435, 835, déjà rencontrées, la troisième fait un angle de 63°23′ avec $B^{5/3}$.

Pour chercher sa notation, profitons de l'isogonisme dont nous avons parlé ci-dessus et supposons que $B^{5/3}$ soit M ; on aura $\frac{h}{k} = \text{tg } 63°23'' = 2$. Donc la notation de la troisième facette sera $210 = 16.3.5$.

En outre, la face $B^{5/3}$ n'est développée que vers le haut et recouvre presque toute la face A^1.

Cette hémiédrie n'est qu'apparente ; en examinant la ligne de jonction de ces trois facettes avec H^1, on y voit un angle rentrant ; ces facettes appartiennent donc à un autre cristal. Il est probable que ces faces constituaient dans le cristal,

qui est venu s'établir entre $B^{5/3}$ et M, l'ensemble 210, 110, 120, c'est-à-dire la face H^1 avec le biseau H^2; elles ont pu venir se placer entre $B^{5/3}$ et M, tout en respectant la loi de rationalité, à cause de l'isogonisme que nous avons exposé précédemment.

Comme la facette 4 est parallèle à h et 7 parallèle à h''' (on le voit par le miroitement) il s'ensuit que $7 = 4\bar{3}\bar{5}$ (1).

La loi de symétrie laisse indéterminé le rapport entre les dimensions des solides primitifs des minéraux. Il faudrait voir si ces dimensions n'ont pas été choisies par la nature de manière à amener la coexistence de formes isogones n'ayant pas même notation.

Comme nous venons de le voir, dans la cassitérite, la relation : $\frac{a^2}{c^2} = \frac{11}{5}$ amène la possibilité de la forme simple H^1MH^1 dans cinq zones distinctes.

Nous avons décrit dans un travail précédent (communiqué à la Société géologique de Belgique) un cristal de topaze qui présentait dans la zone parallèle à l'axe binaire passant par les milieux des arêtes H, des angles presque identiques à ceux que nous avions observés dans la zone parallèle à l'axe vertical. Nous avons trouvé que cet isogonisme était dû à ce que les axes de ce minéral étaient unis par la relation $b^2 = 2ac$, et que les formes isogones étaient données par la relation.

$$\widehat{E_{\frac{q}{2p}} E_{\frac{q}{2p}}} = \widehat{G_{\frac{q+p}{q-p}} G_{\frac{q+p}{q-p}}}.$$

Par ces exemples nous avons été amenés à nous demander si les axes des solides primitifs des minéraux sont bien indépendants l'un de l'autre, comme on l'admet en général. N'existe-t-il pas une loi, autre que celle de la symétrie, plus générale que celle-ci, par laquelle la nature s'est permis

(1) Il pourrait aussi se faire que 7 et π appartiennent au cristal qui est venu se placer en 456. Dans ce cas 7 aurait pour notation $\bar{2}10$.

d'augmenter la symétrie des agrégats moléculaires, en obviant au manque de symétrie de la molécule primitive ? Il se pourrait que cette loi soit telle qu'elle amène la coexistence de formes isogones, même si elles n'ont pas une notation identique. Dans le même travail nous avons tenté un rapprochement entre les formes incompatibles des corps dimorphes. Nous avons fait voir notamment qu'en admettant une légère modification dans l'angle du prisme de la sperkise (1), on pourrait supposer l'hexadièdre de la pyrite, formé de prismes orthorhombiques, en expliquant l'existence constante des différents prismes qui limitent le cristal par la loi d'isogonisme à laquelle nous venons de faire allusion.

La figure 4 montre l'assemblage que nous venons de décrire avec les notations de ses différentes faces.

Liège, 20 mars 1885.

Sur les formes cristallines des acétates doubles d'urane et de lithine.

Par M. G. Wyrouboff.

M. Rammelsberg vient de publier un travail très étendu et très intéressant sur les sels doubles que l'acétate d'urane forme avec un grand nombre d'acétates métalliques (2). Parmi les sels qu'il examine, il en est un que j'ai préparé, il y a de cela quelques mois, au moment où j'essayais d'expliquer par l'étude des corps isomorphes le pouvoir rotatoire des substances cubiques. L'acétate d'urane et de soude, qui est doué du pouvoir rotatoire, est, en effet, en apparence parfaitement cubique; il est pourtant pseudo-symétrique, car il est biréfrigent, et je pensais qu'en remplaçant la soude par la lithine, on aurait peut-être la symétrie vraie de la sub-

(1) Modification analogue à celle qui permet l'existence des différents carbonates rhomboèdriques dans un même cristal.

(2) Ann. d. Ch. u. Ph. XXIV 293 (1885).

stance. Mon but n'ayant été atteint qu'en partie, je laissai de côté les produits que j'avais obtenus, me proposant de les revoir plus tard; je profite de l'occasion que m'offre aujourd'hui le mémoire de M. Rammelsberg pour en dire quelques mots.

M. Rammelsberg, en mélangeant les deux acétates et en évaporant, a obtenu de petits cristaux indéterminables auxquels il assigne la formule :

$$LiC^2H^3O^2.\ UO^2\ C^4H^6O^4,\ 3\,H^2O.$$

En réalité l'acétate double d'urane et de lithine donne deux hydrates différents, tous deux bien cristallisés, et probablement un sel anhydre qu'on n'obtient pas à l'état de pureté, mais qui se mélange avec l'acétate d'urane et de soude.

Comment M. Rammelsberg n'a-t-il pas vu ces deux hydrates qu'il est facile de produire, et comment n'a-t-il pu avoir que des cristaux indéterminables du sel à $3H^2O$? Je me l'explique d'autant mieux que j'ai longtemps tâtonné moi-même avant d'arriver à obtenir à volonté les cristaux que je vais décrire.

L'acétate d'urane, à moins d'être préparé avec un soin particulier, et tel n'est pas le cas des produits qu'on trouve dans le commerce, même avec l'étiquette de « purs », renferme toujours une certaine quantité d'azotate. Lorsqu'on ajoute à cet acétate impur de l'acétate de lithine en quantité suffisante pour avoir le sel double, l'acétate d'urane cristallise le premier et il reste dans les eaux mères de l'azotate d'urane, de l'acétate de lithine et une petite quantité de l'acétate double; si l'on ajoute un excès d'acétate de lithine, il se forme un précipité qui ne se dissout que difficilement à chaud dans une très grande quantité d'eau et qui se précipite par le refroidissement. Ce précipité est de l'acétate d'urane et de lithine qui est à peu près insoluble dans une liqueur contenant de l'acide nitrique.

Le précipité produit se redissout assez bien à chaud dans l'acide acétique, mais en évaporant la solution qui renferme ainsi, outre le sel double de l'acide nitrique et de l'acide acétique en excès, on n'a qu'une cristallisation confuse, à moins d'abandonner la solution à elle-même pendant plusieurs semaines à une température assez basse, 10° à 12°, et encore n'obtient-on que des cristaux très petits et généralement mal formés. C'est le sel à $3H^2O$ décrit par Rammelsberg. Pour l'avoir en cristaux réguliers d'une certaine dimension, il faut opérer avec des produits tout à fait purs ou bien, ce qui est plus simple, recristalliser le sel obtenu une première fois en rejetant les eaux mères qui renferment les acides. Évaporée au-dessus de 15° la solution donne des cristaux à $3H^2O$; au-dessous de 15° on a des cristaux à $5H^2O$.

I. $LiC^2H^3O^2, UO^2C^4H^6O^4, 3H^2O$

Il existe une ancienne détermination de ce sel que M. Rammelsberg ignorait sans doute, puisqu'il ne la cite ni dans son livre, ni dans son récent mémoire. MM. V. v. Lang, Handl et Murmann, dans un travail en commun entrepris sous l'inspiration de Schrötter, dans le but de décrire la forme cristalline d'un grand nombre de produits de laboratoire (1) donnent, en effet, les mêmes formes que celles que j'ai observées et des angles très voisins de ceux que j'ai mesurés ; mais ils n'indiquent pas l'hydratation de leur sel, l'analyse n'ayant probablement pas été faite.

En cristallisant vers 25° on obtient des cristaux très nets ayant parfois plus de 5^{mm} de côté (Pl. III, fig. 1 et 2); examinés en lumière polarisée, ils sont parfaitement homogènes. Si la cristallisation s'est faite à une température supérieure, 35°-40°, ou bien si, à une température même très basse, la solution renfermait de l'acide nitrique et de l'acide acétique,

(1) Sitz. Ber. d. W. Ak., XXVII, 179 (1857).

les cristaux sont très petits, à formes extrêmement irrégulières et toujours maclés (f. 3, 4, 5, 6). Les cristaux sont jaunes, sans fluorescence; leur densité est de 2.280 à 15°.

On sait combien difficile est la séparation complète de l'urane d'avec les alcalis, et pourtant ici une séparation exacte est indispensable pour déterminer l'eau qui ne peut être complètement chassée par la chaleur sans décomposer partiellement le sel. Pourtant, l'analyse que j'avais faite concorde très bien avec l'analyse que vient de publier M. Rammelsberg, malgré la différence des procédés employés. Je chauffais l'uranate alcalin obtenu par la calcination de l'acétate, avec du chlorhydrate d'ammoniaque, de façon à le transformer en un mélange d'*oxyde* et de chlorure; M. Rammelsberg opérait la calcination dans un courant d'hydrogène de manière à avoir du *protoxyde* et du chlorure. La seule différence un peu notable entre les deux analyses est dans la quantité d'eau pouvant être chassée à une température à laquelle le sel ne se décompose pas. J'ai donc refait avec beaucoup de soin une nouvelle analyse (II) sur des cristaux très nets, bien essuyés pour éviter autant que possible l'eau hygroscopique; je suis retombé, à peu de chose près sur mes anciens chiffres. Il reste établi en tout cas que le sel est bien à $3H^2O$, car le sel à $2H^2O$ exige 48.78 0/0 d'uranium et le sel à $4H^2O$ 45.45 0/0. Voici les résultats de l'analyse de M. Rammelsberg et des miennes :

	Calculé	Rammels.	I	II
$C^6H^9O^8$	40.98	—	—	—
U	47.06	47.43	47.36	47.41
Li	1.36	1.25	1.43	1.33
$3H^2O$	10.59	9.81	8.35	7.87
	100.00			

Le sel est clinorhombique et ne possède pas de clivage. Les faces sont en général ternes et striées donnant des images allongées et ne comportant par conséquent pas de mesures exactes.

Faces observées : p (001), h^1 (100), m (110), a^1 (101), b^1 (112) e^1 (011), $x = d^1\ b^{1/3}\ g^1$ (121), $y = b^1\ d^{1/3}\ g^1$ (121). Les trois dernières ne se rencontrent que dans les cristaux maclés; je n'ai rencontré la face y qu'une seule fois (f. 3). Dans le mémoire de V. Lang, Handl et Murmann on trouve encore citée la face g^1 (010) que je n'ai jamais rencontrée pour ma part.

$a : b : c$: 1.2567 : 1 : 0.7907; $\gamma = 80°7'$
1.2680 : 1 : 0.7943; $\gamma = 79°50$ V. Lang.

	Calculé	Obs.	V. Lang.
mm	—	*77°30′	—
ph	99°53′	99°40′	100°10′
pm	—	*96°10′	—
h^1m	128°45′	—	128°64
pa^1	—	*122°27′	121°52′
a^1h^1	137°50′	—	137°58
a^1m	117°42′	117°30′	—
b^1p	131°53′	—	—
b^1m	131°57′	131°45′	—
b^1b^1	108°32′	109° env.	—
b^1a^1	138°24′	138°40′	—
e^1p	122°16′	122° env.	—
a^1e^1	106°39′	—	—
xp	103°10′	—	—
xb^1	147°46′	148°15′	—
yp	158°42′	159° env.	—

Le plan des axes est parallèle au plan de symétrie; bissectrice aiguë *positive* faisant avec une normale à p un angle

de 19° et avec une normale à h^1 (antérieur) un angle de 61°16' Double réfraction assez énergique 2E = 38° rouge, 33°24 vert. Dispersion inclinée inappréciable.

Les macles sont nombreuses et fort complexes. Parfois (fig. 4) les axes verticaux des deux individus font entre eux un angle de 60° et leurs faces b^1 font entre elles un angle précisément égal à l'angle b^1b^1 sur les individus simples. D'autre fois la structure est plus compliquée encore. On voit alors à travers la face a^1 (fig. 7) trois individus dont les extinctions font entre elles 120° et qui sont séparées par des bandes sans extinction aucune. Il est curieux que, dans les cristaux si évidemment complexes, les axes vus à travers la face *p* conservent leur situation normale et leur écartement. Toutefois les hyperboles sont légèrement déformées.

Les angles plans de la face a^1 très voisins de 120° et l'angle de 117°38" de ma^1 expliquent suffisamment ces macles qui ressemblent beaucoup à celles qu'on rencontre dans les formes limites du système orthorhombique.

2. $LiC^2H^3O^2$, $UO^2C^4H^6O^4$, $5H^2O$.

Lorsqu'on abandonne à l'évaporation spontanée à une température inférieure à 15° les eaux mères ayant servi à la cristallisation à 35°-40° du sel à $3H^2O$ et ne contenant ni acide nitrique ni acide acétique en quantités appréciables, il commence à se former immédiatement des cristaux jaunes par transparence, verts bleuâtre par réflexion qui peuvent atteindre rapidement des dimensions assez considérables. On en conclut que le sel à $5H^2O$ est plus soluble que le sel à $3H^2O$, et que sa solubilité à 10°-12° est à peu près égale à celle du sel à $3H^2O$ à 35°-40°.

C'est un sel extrêmement efflorescent et dont on a beaucoup de peine à mesurer les cristaux, car ils deviennent en quelques minutes opaques et ternes à la surface. Il perd

toute son eau à 120°. La moyenne de deux analyses concordantes à 2 millièmes près m'a donné :

	Calculé	Trouvé
$C^6H^9O^8$	38.29	—
U	43.95	43.67
Li	1.28	1.25
$5H^2O$	16.48	16.32
	100.00	

Ce sel est intéressant à un double point de vue. Chimiquement, il diffère de tous les sels de la série par son hydratation — aucun des composés doubles que l'acétate d'urane forme avec les acétates alcalins ou alcalino-terreux ne possède, en effet, 5 molécules d'eau. Géométriquement, quoique appartenant à la symétrie clinorhombique, il est presque quadratique, comme le sont les sels d'ammoniaque, de potasse, d'argent, de strontiane ; il présente de plus, malgré la différence d'hydratation, des analogies frappantes avec ce dernier sel et avec le sel de calcium qui est orthorhombique, On a en effet :

Sels	Hydratation	Symétrie	$a : b : c$	mm
Li	$6H^2O$	Quadratiq.	0.3887 : 1 : 1	90°
Sr	$8H^2O$(1)	Orthorh.	0.3943 : 1 : 1.0206	91°10′
Ca	$5H^2O$	Clinorh.	0.3395 : 1 : 1.0601	93°22′

La valeur de l'axe vertical a augmente, on le voit, en même temps que la quantité d'eau, quelle que soit d'ailleurs la symétrie des sels.

Les faces que j'ai observées sont : m (110), h^3 (210), $d^{1/2}$ (111), $b^{1/2}$ (111), a^1 (101), $x = d^1\ b^{1/3}\ g^1$ (121). (Fig. 8.)

$$a : b : c = 0.3395 : 1 : 1.0601 ;\ \gamma = 88°23'$$

(1) La quantité d'eau dans ce sel est douteuse. Les analyses assez peu concordantes de Wesselsky et de Rammelsberg conduisent aussi bien à 8,7 ou $6H^2O$. La moyenne correspond le mieux à $7H^2O$.

	Calc.	Observé
mm	93°22′	—
h^3h^3	—	*129°30′
h^3m	161°54′	162°10′
a^1h^3	—	*105°35′
$b^{1/2}a^1$	—	*163°
$b^{1/2}b^{1/2}$	146°	—
$d^{1/2}d^{1/2}$	146°34′	—
$d^{1/2}x$	165°43′	166°
xx (sur o^1)	118°	118°10′

Étant donnée l'incertitude des mesures, on pourrait à la rigueur rapporter les cristaux à la symétrie orthorhombique, mais, d'une part le développement constant de la face a^1, l'absence de la face o^1 et des deux faces postérieures de l'octaèdre x, d'autre part l'inclinaison de la bissectrice sur les normales aux faces h^1 et p, indiquent qu'il s'agit ici d'une forme clinorhombique.

Malgré la difficulté qu'on éprouve à tailler ces cristaux qui perdent leur eau avec une extrême facilité, j'ai pu cependant me procurer deux bonnes plaques. La biréfrigence est extrêmement énergique. Dispersion des axes presque nulle, dispersion inclinée inappréciable. 2E = 65° 14′.

Le plan des axes est parallèle au plan de symétrie, la bissectrice aiguë *négative* fait un angle de 12° avec l'arête mg^1 dans l'angle obtus des axes et par conséquent un angle de 8°10′ avec une normale à l'arête $d^{1/2}d^{1/2}$.

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 7685-5.

Fig. 1

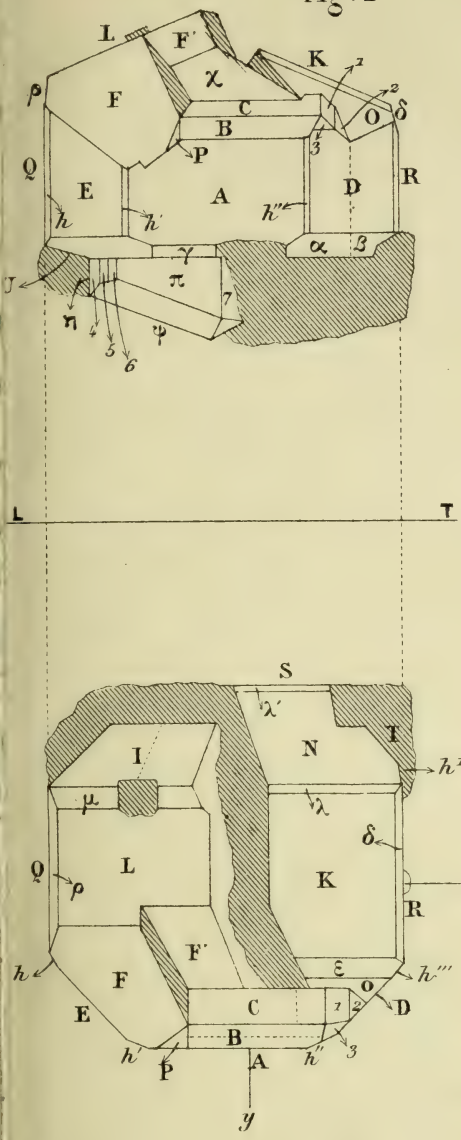
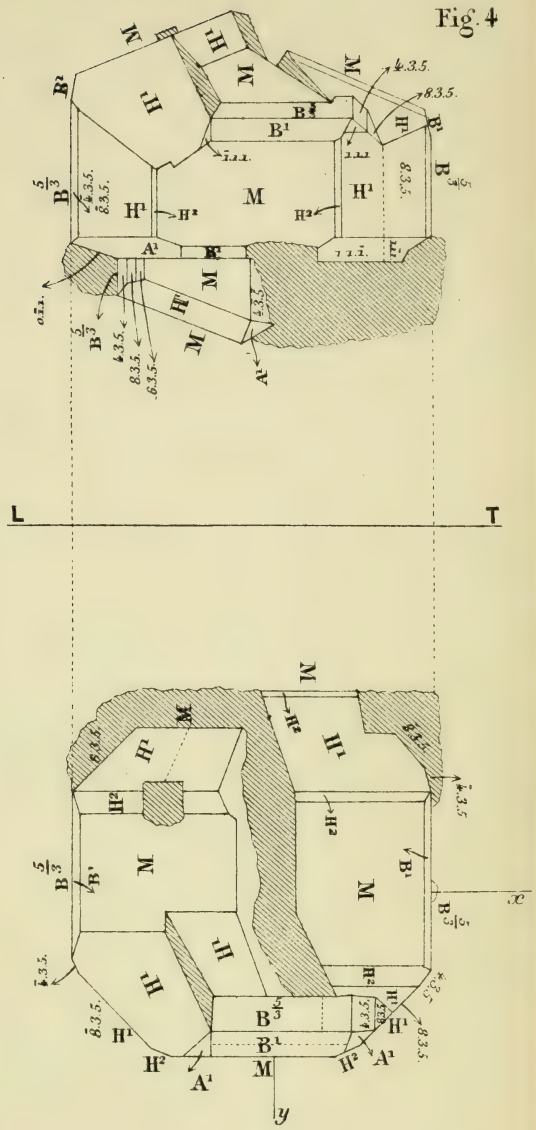


Fig. 4



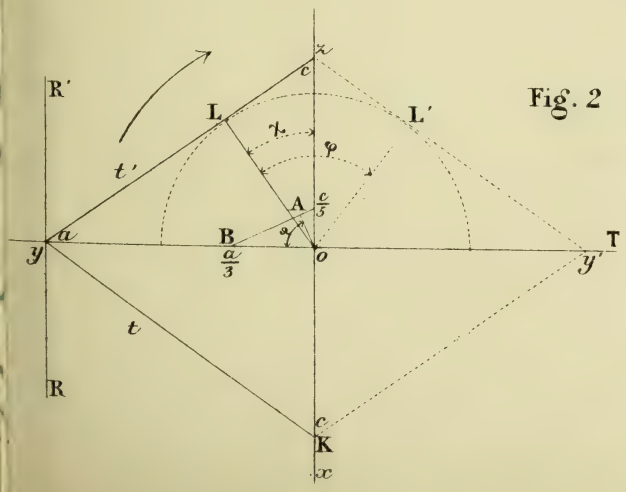
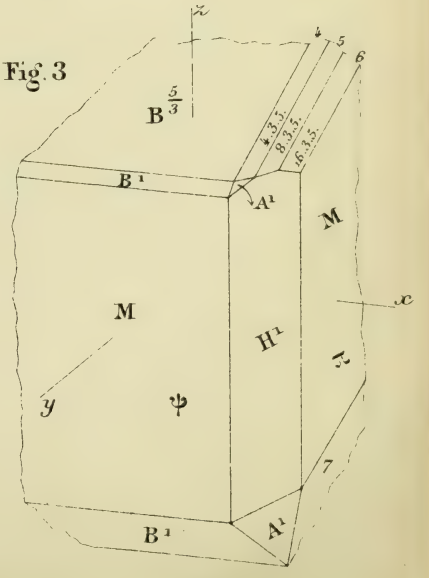


Fig. 2

Fig. 3



G. Césàro del.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

NOTE DE M. G. WYROUBOFF

Fig. 1

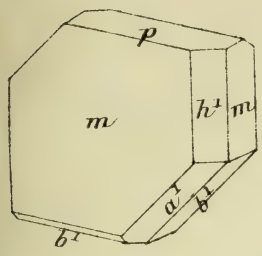


Fig. 2

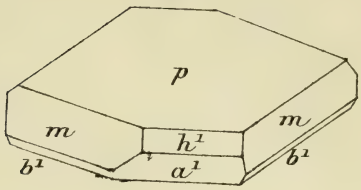


Fig. 3

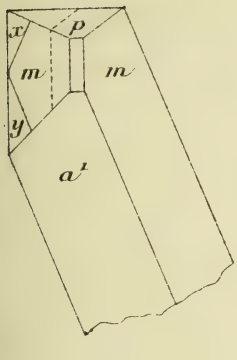


Fig. 4

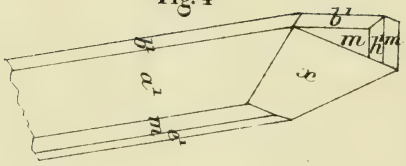


Fig. 5

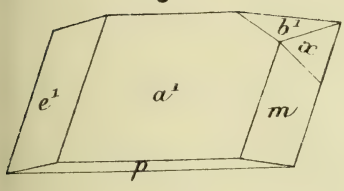


Fig. 6

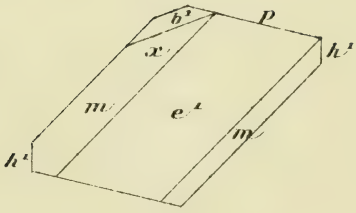


Fig. 7

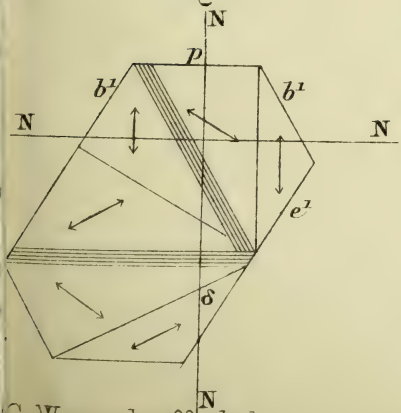
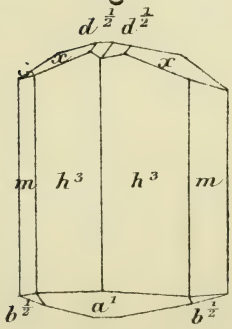


Fig 8



G. Wyrouboff del.

LIBRARY
OF
UNIVERSITY OF ILLINOIS

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

ANNÉE 1885. — BULLETIN N° 5

Compte rendu de la séance du 7 mai 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE LAPPARENT

M. le Dr J. VOGT, de Christiania, assiste à la séance.

M. Ed. SARASIN donne lecture du rapport suivant :

Rapport de la commission de comptabilité.

Les soussignés ayant, en vertu du mandat qui leur avait été confié, examiné les comptes de la Société minéralogique, certifient les avoir trouvés en règle.

Paris, le 7 mai 1885.

Ch. FROSSARD, Er. MALLARD, Ed. SARASIN.

Les comptes du trésorier pour 1884 et le compte général pour 1885 sont adoptés à l'unanimité.

M. JANNETTAZ, présente : 1° un ouvrage de M. L. Enault sur les *Diamants de la Couronne ;* 2° une collection d'hydrophanes taillées, provenant de Colombie, de la part de M. E. Vanderheym.

Note sur une combinaison de formes de la mésotype du Puy de Marman.

PAR M. F. GONNARD.

En brisant une masse géodique de mésotype que j'avais, il y a plusieurs années, recueillie moi-même au puy de

Marman, j'observai, sur quelques cristaux, des facettes assez nettes, quoique très petites pour la plupart, en bordure sur les arêtes $mb^1/_2$. Je mesurai l'angle des faces *m* avec celles-ci et trouvai 146° 30′, moyenne de six observations.

Désirant savoir si ces facettes, dont je ne retrouvais pas les incidences dans le tableau qu'en donne M. Des Cloizeaux (*Manuel de Minéralogie*, tome 1er, page 382), étaient absolument nouvelles, je communiquai mes cristaux à ce savant, qui voulut bien m'apprendre que ces facettes, de symbole $b\,^1/_6$, avaient été déjà signalées sur de petits cristaux de brévicite par Victor Von Lang (*Mineralogical notes*, par Maskelyne et V. Von Lang. — *Philosophical magazine*, janvier 1863).

Toutefois, l'existence de ces facettes n'ayant pas été jusqu'à présent constatée, sur la mésotype de Marman, je crois devoir en faire mention.

M. Des Cloizeaux, auquel j'adresse ici mes remerciements pour les renseignements que je dois à son obligeance, a, sur les mêmes cristaux, trouvé de son côté :

$$mb\,^1/_6 = 146^\circ\ 30' \quad \text{et} \quad b\,^1/_6\ b\,^1/_6 \text{ av.} = 108^\circ\ 29' ;$$

Les angles calculés étant :

$$mb\,^1/_6 = 146^\circ\ 26' \quad \text{et} \quad b^1/_6\ b^1/_6 \text{ av.} = 108^\circ\ 32'.$$

Je dois dire que, bien que j'aie eu occasion de voir un très grand nombre d'échantillons de mésotype de Marman, c'est la seule fois que j'ai pu constater sur des cristaux, bien réellement de cette provenance, une combinaison de formes autre que $mb^1/_2$; il faut donc y joindre $mb^1/_6\,b^1/_2$.

Quant aux formes $mg^1\,b\,^1/_2$ et $mh^1\,g^1\,b^1/_2$, je crois pouvoir affirmer qu'elles proviennent exclusivement des basaltes de la Tour de Gevillat, sur la rive droite de l'Allier, près d'Issoire. Je me réserve, du reste, de revenir sur ce sujet.

Forme cristalline et caractères optiques de l'hydrate de chloral.

PAR M. DES CLOIZEAUX.

Ayant récemment rencontré de jolis cristaux d'hydrate de chloral et ne connaissant jusqu'ici que des descriptions incomplètes de leur forme cristalline, j'ai pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de compléter ces descriptions et d'y ajouter celles des caractères optiques biréfringents.

Les cristaux que j'ai eus en ma possession présentent l'aspect de tables dérivant d'un prisme clinorhombique, d'environ 66°, dont l'angle dièdre aigu est remplacé par une facette peu développée. Sur l'arête obtuse qui sépare la base de ces tables de leurs faces latérales se trouve une troncature très étroite et arrondie, à laquelle on peut attribuer le symbole $d^{1/2}$ (111). La combinaison complète offre donc les formes $m\,h^1\,p\,d^{1/2}$, avec les incidences :

	CALCULÉ	OBSERVÉ
	$^*mm =$ 66° 24′ avant	66° 24′ moyen.
	$mm =$ 113° 36′ côté	113°25′
	$mh^1 =$ 123° 12′	124° environ.
	$^*pd^{1/2} =$ 132° 14′	132° 14′ moyen.
	$^*pm =$ 101° 32′	101° 32′
	$ph^1 =$ 111° 25′	111° 30′ moyen.

Angle plan de la base = 62° 41′ 58″ (63° obs. au microsc.)
Angle plan des faces latérales = 108° 10′ 11″.

$b : h :: 1000 : 678{,}169$ D = 520,260 d = 854,008.

Plan des axes optiques parallèle au plan de symétrie.

Bissectrice *aiguë* négative faisant des angles d'environ :

$$\left\{\begin{array}{l} 40^\circ \text{ avec une normale à } p\ (001). \\ 28^\circ\,35' \text{ avec une normale à } h^1 \text{ antér. } (100). \end{array}\right.$$

$2\,E = 35^\circ$ environ (lumière blanche).

Dispersion ordinaire à peine appréciable pour les anneaux vus à travers la base p (001).

Dispersion *inclinée* notable, l'un des systèmes offrant, à 45° du plan de polarisation, du bleu pâle à l'extérieur de sa branche d'hyperbole, l'autre système, du bleuâtre extérieurement et intérieurement.

Extraits de Minéralogie,

PAR M. DES CLOIZEAUX.

Lovénite (Brögger). Cristaux prismatiques, du type clinorhombique, d'un brun châtaigne ou jaunâtre, faiblement translucides, composés principalement des formes m (110), h^3 (210), h^1 (100), g^1 (010).

$a : b : c = 1{,}0811 : 1 : 0{,}8113$ $\beta = ph^1$ postér., $= 71^\circ 24' 30''$.

Macles parallèles à h^1 (100). Clivage h^1 assez facile.

Plan des axes optiques parallèle au plan de symétrie. Bissectrice *aiguë* négative (?) située dans l'angle aigu ph^1 et faisant un angle de 20° 30′ avec l'axe vertical. Fortement pléochroïte. Analyse par F. T. Cléve :

SiO^2 33,71 ZrO^2 31,65 Fe^2O^3(?) 5,64 MnO 5,06 CaO 11,00 Na^2O 11,32 H^2O 1,03 = 99,41. Dens. = 3,51.

Trouvés avec catapléïte, eucolite, etc., à Loven, petite île près Stokö, Langesundfjord.

Cappelénite (Brögger). Cristaux du système hexagonal, à éclat vitreux un peu gras dans la cassure, transparents ou semi-transparents, d'un brun inclinant au verdâtre, offrant les formes $m, b^{1/2}, b^{1/6}$, *p*. b : c = 1 : 0,43010. Double réfraction assez énergique à un axe *négatif*.

L'analyse du prof^r Cléve a donné : SiO^2 14,16 Gl^2O^3 (17,13) $Y'O^3$ 52,55 (La^2O^3, Di^2O^3) 2,97 Ce^2O^3 1,23 ThO^2 0,79 BaO 8,15 CaO 0,61 Na^2O 0,39 K^2O 0,21 H^2O 1,81 = 100. Dens. 4,407.

Disséminés en petite quantité dans les filons d'une syénite augitique de Lille Arö, Langesundfjord.

(*Geologiska Föreningens* de Stockholm, tom. VII, n° 94, mars 1885).

Note sur les propriétés cristallographiques et thermo-électriques de la pyrite de fer et de la cobaltine.

PAR M. J. CURIE.

M. Mallard et M. Ch. Soret ayant récemment soulevé de nouveau la question de l'anomalie révélée par l'existence de deux variétés thermo-électriques de pyrite de fer, sans qu'aucune différence cristallographique ou physique y corresponde, je crois utile de faire connaître des recherches que j'ai faites il y a un an et demi environ et qui élucident ce sujet.

Propriétés cristallographiques. Lorsque l'on examine avec un peu d'attention les échantillons de pyrite cristallisés en dodécaèdres pentagonaux, on s'aperçoit qu'il en existe deux variétés se distinguant l'une de l'autre par la position des stries qu'elles portent *sur les faces pentagonales*. L'une de ces variétés est striée parallèlement aux arêtes

principales du dodécaèdre, c'est-à-dire aux arêtes contenues dans les plans de symétrie de ce solide.

L'autre variété est striée perpendiculairement aux dites arêtes principales du dodécaèdre. Ces dispositions sont représentées sur les figures 1 et 2.

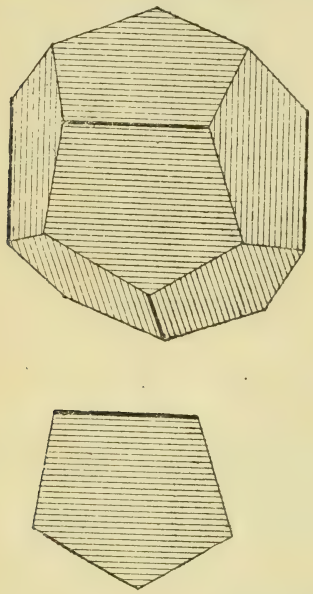


Fig. 1

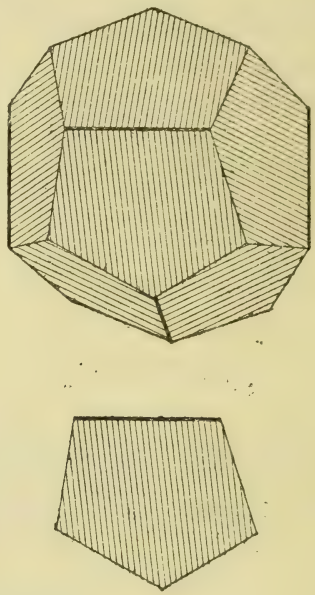


Fig. 2

Or, ce qu'il est important de faire ressortir c'est que ces deux solides sont absolument différents l'un de l'autre. Chacun d'eux possède les mêmes éléments de symétrie et de répétition que l'autre et même que le dodécaèdre pentagonal simple sans stries. Cependant, ils sont non superposables ; il est impossible de faire coïncider à la fois les stries de l'un avec les stries de l'autre en même temps que les dodécaèdres pentagonaux. De plus, ils ne sont point reliés entre eux par des relations analogues à celles qui lient les deux formes droite et gauche d'une hémiédrie non superposable : ils ne sont point symétriques l'un de l'autre.

Ces deux formes conjointes constituent en cristallographie un cas d'hémiédrie non superposable, dont on ne

connaissait pas encore d'exemple ; et que même la théorie des hémiédries, telle qu'elle a été déduite par Bravais de la structure réticulaire des corps cristallisés, ne prévoit pas. Pour en concevoir la possibilité, il faut faire entrer une notion de plus que celle d'une symétrie réticulaire jointe à une moindre symétrie moléculaire, celle, par exemple, de plusieurs ordres de molécules diversement orientées, notion émise récemment par M. Mallard dans son travail sur la quasi-symétrie cubique de tous les réseaux. Dans cet ordre d'idées le problème présente même plusieurs solutions.

On peut, par exemple, concevoir l'existence, non seulement de deux, mais de trois types distincts, à l'aide de trois séries de molécules orthorhombiques. Les molécules de chaque série auraient même orientation et formeraient les nœuds d'un réseau cubique (réseau des translations ou de Bravais) ; l'ensemble des trois séries donnerait tous les milieux d'arêtes d'un réseau cubique. Un simple changement d'orientation des molécules permettrait de passer d'un type à l'un des deux autres, et la forme extérieure devrait toujours avoir la symétrie du dodécaèdre pentagonal.

Au point de vue de la forme extérieure, sans rien préjuger sur la structure, on peut concevoir chacun des solides comme résultant de la combinaison de deux formes hémièdres à faces parallèles. Les stries, telles qu'elles sont disposées, constituent à elles seules un solide hémièdre à faces parallèles. On peut donc en supposer deux, l'un droit, l'autre gauche, identiques entre eux, différents seulement par leur position dans l'espace. Ces deux formes combinées aux deux formes droite et gauche du dodécaèdre pentagonal donnent quatre solides identiques et superposables deux à deux, mais aussi absolument différents et non superposables deux à deux.

Les stries sont extrêmement bien marquées sur les cristaux de pyrite. Elles sautent aux yeux du premier coup. On les trouve également sur les dodécaèdres pentagonaux de cobaltine, mais elles y sont à peine indiquées, existent seulement par places, et ne sont nettement visibles qu'avec l'aide d'une loupe ou même d'un microscope.

Propriétés thermoélectriques. Il vient immédiatement à l'esprit que, puisque les propriétés cristallographiques montrent qu'il existe deux variétés matériellement différentes de pyrite, à chacune de ces variétés doit correspondre l'une des variétés de signe thermo-électrique ; c'est en effet ce qui a lieu.

On constate, en étudiant les pyrites au point de vue électrique, que, sauf quelques exceptions, toutes celles striées parallèlement à l'arête principale sont plus positives que l'antimoine, et que toutes celles striées perpendiculairement à l'arête principale sont négatives, à peu près comme le bismuth.

Il existe cependant un petit nombre d'échantillons qui sont en contradiction avec cette règle générale. Ainsi, sur 124 échantillons étudiés, 113 ou 114 se comportaient comme il est dit plus haut ; tandis que les dix autres étaient en désaccord avec la règle. Ces quelques exceptions sont évidemment imputables aux macles nombreuses de la pyrite ; on sait, en effet, que les deux variétés coexistent le plus souvent dans un même cristal, s'y mêlant d'une façon intime, et que les lignes de suture sont fréquemment visibles sur les faces du cube. On voit quelquefois, mais plus rarement, des lignes de suture sur les faces pentagonales ; généralement une de ces faces est tout entière de même signe électrique et de même genre de striage. C'est, en effet, parallèlement aux faces du dodécaèdre que paraissent se faire le plus souvent les juxtapositions des macles ;

si on use à l'émeri un cristal parallèlement à une de ces faces, on trouve souvent que le signe électrique change après la disparition d'une couche d'épaisseur variable, et qui peut descendre à une petite fraction de millimètre.

On peut dès lors s'expliquer aisément la possibilité des anomalies. Si la dernière couche est suffisamment mince, elle s'échauffera à peu près également dans toute son épaisseur et ne servira plus que de conducteur ; la couche sous-jacente est alors celle qui indiquera son signe électrique.

J'ai retrouvé dans un mémoire de G. Rose, des observations analogues à celles que je viens de décrire. Dans un travail où il étudie, entre autres choses, les stries et empreintes diverses existant sur les pyrites, il signale l'existence des stries ci-dessus décrites et même leurs relations avec les propriétés électriques ; mais, cherchant la solution dans un autre ordre d'idées, dont il aurait cependant dû comprendre l'irrationnalité, il n'avait pas compris l'importance de ces faits, et n'en parle que rapidement au même titre qu'il cite d'autres faits, stries ou empreintes sans aucun intérêt. Aussi cette partie de son travail, qui aurait pu résoudre la question depuis longtemps, passa-t-elle inaperçue.

Les expériences sur la cobaltine concordent d'une manière générale avec celles sur la pyrite, mais elles sont moins régulières et moins positives, les parties striées étant beaucoup moins nettes, peu développées, et indiquant des macles intimes et répétées.

J'ai essayé de transformer l'une des variétés de pyrite en l'autre variété, en les maintenant pendant un certain temps à haute température, mais ces expériences ont donné des résultats négatifs. Ainsi, j'ai chauffé pendant une journée une pyrite à stries parallèles aux arêtes dans du soufre à 400° ou plus ; elle avait conservé après cette action son

signe thermo-électrique antérieur. Il est nécessaire, pour faire cette expérience, d'avoir soin de chauffer les pyrites dans du soufre, parce que chauffées, même à bien plus basse température, soit dans l'air, soit dans l'hydrogène, elles se décomposent à la surface en perdant une petite quantité de soufre; elles sont alors toutes deux transformées en un même sous-sulfure.

Note sur le granite variolitique de Craftsbury en Amérique.

PAR M. K. DE KROUSTSCHOFF.

Nous devons la première notice sur cette intéressante occurrence à M. Hitchkock ; il décrit dans le Rapport sur la Géologie de l'État de Vermont (1), le granite variolitique en ces termes :

« The basis of this remarkable variety of granite is rather fine-grained, white and highly feldspathic. The mica however, is usually dark, and where it exists in large quantities, it gives the rock the aspect of syenite. But there is no hornblend present. Scattered through this base, occur numerous spheroidal or elongated and somewhat flattened nodules of black mica, from half an inch to two inches in diameter, and when elongated, the longer axis is sometimes seen as much as four or five inches long. They are usually more or less flattened, and have a shrivelled appearance like dried fruit. They sometimes become so thin as to

(1) *Report on the geology of Vermont*, by Edward Hitchkock L.L.D., Edward Hitchkock jun., M.D., Albert Hager, A.M. and Chas. H. Hitchkock, vol. II, p. 564. 1861.

consist only of a few plates..... When the nodule is elongated, and the wrinkles correspond, as they always do, to the longer axis, the ressemblance is very striking to a dried butternut, more especially when stripped of its epicarp. No wonder they should be called *petrified butternuts*... If a specimen, somewhat flattened, be placed on its edge, and a moderately sharp blow be given to it with a hammer, concavo-convex scales will be chipped off even to the centre. They are composed of layers of mica with granular quartz, and probably some felspar interposed. The structure is evidently *concretionary* ; yet, as already intimated, one can hardly avoid thê suspicion that something has been abstracted from some of them, causing a shrinkage. »

A la page 721 du même volume, nous trouvons encore une remarque de M. le Rev. S. Hall : « These singular nodules seem to be imbedded in the granite mass « like plums in a pudding. » They extend only a short distance from the place where first found in Stanstead; from that place to Craftsbury, the granite exhibits no unusual appearance. At the south village, in the latter town, is an *immense bed* of *nodular granite*, some of which seems to be composed almost entirely of nodules, slightly cemented by grains of mica and quartz. Other parts of the rock are very solid, and not inclined to decomposition more than other granite. »

Quoique j'eusse recueilli moi-même mes échantillons à Craftsbury, mon séjour y a été si court, que je n'ai pu faire des observations stratigraphiques au sujet du gisement de cette roche ; cependant il paraît qu'elle forme une enclave considérable dans un granite ordinaire. La teneur assez élevée en calcite du granite et surtout des varioles, lui imprime un caractère tout particulier, qui n'a pas encore été signalé jusqu'ici.

Examen macroscopique. Pâte. Son aspect ne trahit pas la

plus légère trace de décomposition ; elle est constituée par des grains de 2^{mm} d'orthose laiteux blanchâtre, de plagioclase strié plus apparent sur une surface polie de la roche, de quartz hyalin grisâtre, de paillettes nacrées de mica blanc et de biotite couleur de tombac. Les éléments prédominants sont l'orthose et le mica magnésien.

Varioles. Dans mes échantillons, elles sont distribuées dans la pâte granitique à 2 ou 3^{cm} environ de distance ; à l'œil nu ou même à la loupe, elles paraissent entièrement formées d'enveloppes concentriques de mica noir ; on n'y reconnaît du moins pas autre chose que les deux micas. Leur forme n'est pas tout à fait sphéroïdale, mais on aperçoit sur la circonférence des proéminences et des irrégularités plus ou moins prononcées, de sorte qu'elles ressemblent beaucoup à des cailloux roulés. Une section à travers un de ces globules montre un noyau central du même aspect que la pâte, autour duquel se disposent les lamelles des deux micas en couches concentriques comme des pelures d'oignon. Les saillies de la surface des nodules correspondent probablement à des inégalités du noyau. En traitant le granite et notamment l'intérieur des globules par l'acide acétique, on est bien étonné d'apercevoir en certains points une effervescence marquée ; or l'examen macroscopique fait déjà supposer la présence d'un carbonate dans cette roche.

Examen microscopique. Pâte. Sous le microscope cette roche présente une structure franchement granitique. L'*orthose* en grands débris irréguliers est littéralement criblé d'aiguilles incolores de mica blanc, distribuées en général en deux ou trois directions, se coupant à 60° environ. Ces microlithes s'accumulent souvent de telle façon que la masse feldspathique (qui cependant paraît fraîche), n'est presque plus visible ; c'est un vrai tissu d'aiguilles incolores, quelquefois

avec un éclat nacré. Fréquemment les bords des plages de l'orthose contiennent des bandelettes tricliniques qui cependant ne pénètrent dans l'intérieur qu'à une très courte distance. Comme interposition, méritent d'être encore mentionnées : des grains et des petits rhomboèdres parfaitement nets d'un minéral incolore et fortement biréfringent (Calcite).

Le *plagioclase*, beaucoup moins fréquent, offre des sections irrégulières allongées, quelquefois dépourvues d'inclusions, mais ordinairement contenant les mêmes microlithes de mica blanc que l'orthose, quoiqu'en quantité moins grande. Les bandes hémitropes, presque toujours très étroites (macles exclusivement suivant la loi de l'albite), donnent deux séries d'extinctions : les unes à 13° maximum, les autres à 9°. Dans certaines sections, les bandelettes se montrent dérangées dans leur continuité, c'est-à-dire qu'elles semblent comme brisées et poussées les unes contre les autres ; ce phénomène doit être évidemment attribué à la même force mécanique que l'écrasement, c'est-à-dire l'aplatissement des varioles dans d'autres parties de la masse granitique.

Le *quartz*, en grands débris irréguliers, renferme, quoique rarement, tous les autres éléments de la roche. Les inclusions liquides à bulles mobiles y sont assez rares et presque toutes petites ; deux fois seulement j'ai trouvé de grands pores liquides, doublés ; la vésicule gazeuse du liquide intérieur disparaît à 30° C. Des interpositions beaucoup plus rares sont : disques aplatis, losanges, ou prismes arrondis d'un minéral vert pâle fortement biréfringent, combinés quelquefois avec des vacuoles vides ou remplies d'un liquide à bulle gazeuse : l'inclusion liquide se trouve au milieu du microlithe ou bien le microlithe en est partiellement moulé. Quelque chose d'analogue a été décrit

par Vogelsang (1) dans le labradorite chatoyant du Labrador, et récemment par moi (2) dans la dichroïte de Bodenmais, en Bavière.

Petits rhomboèdres de calcite.

Cristaux prismatiques bipyramidés incolores ; déjà en lumière ordinaire, et beaucoup plus nettement sous les nicols croisés, ces microlithes semblent maclés : leurs extrémités pyramidales sont encapuchonnées par des calottes également pyramidales, mais autrement orientées que le reste. Une section suivant l'axe d'un cristal de quartz encapuchonné produirait le même effet, mais avec cette différence qu'en ce cas, toutes les calottes possèdent la même orientation optique. L'angle plan de la pyramide est de 115° ; l'extinction de la masse dominante a lieu à 9-10°, tandis que les calottes s'éteignent sous un angle moindre.

Les deux *micas* jouent un rôle considérable dans cette roche ; le mica blanc présente des lambeaux, des feuilles irrégulières, parfois hexagonales ou des sections lamellaires suivant l'axe prismatique, d'un jaune très pâle, sensiblement dichroïques.

La *biotite*, brun jaunâtre foncé, douée d'une absorption et d'un dichroïsme excessivement forts (brun presque noir ou jaune brun) et intimement associée avec la Muscovite, forme des traînées divergentes de feuilles entrelacées, qui se tordent à travers les autres éléments de la roche. Çà et là, il y a des accumulations de petites paillettes hexagonales. Quelques rares parties, transformées par altération en matière d'un vert clair, sont littéralement criblées de faisceaux d'aiguilles opaques. Les interstices entre les lamelles micacées sont remplis de quartz, d'orthose, d'un plagioclase et surtout de calcite. Or, la *calcite* semble être en relation

(1) Sur le Labradorite coloré de la côte du Labrador. *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles.* 1868. Vol. III, p. 3. I b. IV, fig. 6 et 7.

(2) *Tschermak's Min. Mitth.* Vol. VI. p. 232, Tab. II.

directe avec les micas, car elle se trouve généralement en quantité plus considérable à côté ou dans le voisinage immédiat du mica. Quand on traite la plaque mince par l'acide acétique, l'effervescence reste toujours bornée aux parties micacées. La calcite est caractérisée parfaitement par ses propriétés microscopiques. Elle forme des grains, des amas arrondis, des plages irrégulières avec clivages très marqués ou plus rarement des rhomboèdres nettement développés de $0{,}008^{m}$; elle renferme des taches d'une matière pulvérulente opaque et fréquemment des vacuoles d'assez grande taille, ordinairement vides ou peut-être entièrement remplies d'un liquide. Les rhomboèdres disséminés dans le quartz et le feldspath démontrent d'ailleurs que c'est un produit de première consolidation.

On rencontre assez rarement dans le quartz et le feldspath des microlithes prismatiques allongés (longueur $0{,}01^{mm}$, largeur $0{,}004^{mm}$) incolores, d'un indice très élevé, s'éteignant suivant l'allongement et d'un éclat adamantin métallique, qui doivent être rapportés au rutile. Enfin, c'est un fait remarquable que dans cette roche je n'ai pu nulle part trouver le zircon, qui cependant, d'après mes recherches récentes et celles de M. Thürach (1), est extrêmement répandu dans les granites et presque toutes les autres roches éruptives et même sédimentaires.

Varioles micacées. Le noyau central, entouré de couches concentriques de mica, forme à peu près la sixième partie du globule entier, offre le même aspect que le granite et consiste en plages irrégulières de quartz hyalin, de très peu de feldspath, de lamelles parfois hexagonales de mica blanc, de paillettes de biotite et vers les bords de masses striées de *calcite.* A l'exception de quelques rares lamelles

(1) H. Thürach, *Ueber das Vorkommen mikroscopischer Zircone und Titanmineralien in Gesteinen.* Thèse inaugurale présentée à l'université de Würzburg. 1884.

de mica, ce *quartz* est absolument dépourvu d'inclusions. Dans le *feldspath*, au contraire, on aperçoit des cavités irrégulières, aux contours très foncés, probablement vides, distribuées en traînées parallèles.

De petites productions prismatiques aux bords presque noirs et enfin des grains ou rhomboèdres isolés de calcite.

La *muscovite* présente des lamelles parfois hexagonales et des sections lamellaires suivant C. La *biotite*, au bord du noyau central, intimement associée avec la calcite prend de même fréquemment des formes hexagonales.

La *calcite* commence à être un élément prédominant hors du noyau granitique, sa quantité diminue graduellement en allant vers la périphérie de la variole. Autour du noyau on peut distinguer en général deux zones ; les couches micacées de la première sont comme noyées dans la calcite. Cette partie consiste presque entièrement en grandes plages striées de calcite, *dans* lesquelles les feuilles de mica se disposent concentriquement comme des pelures d'oignon. La calcite devient un élément accessoire déjà dans la partie extérieure de cette même zone, le quartz, l'orthose et le plagioclase apparaissent en quantité plus considérable et la calcite forme çà et là des amas comme engrenés avec le mica ; ses sections munies de dentelures (produites par les sommets d'un rhomboèdre ou d'un scalénoèdre formant saillie), s'engrènent avec le mica ; on voit qu'ici la biotite n'est plus entièrement noyée dans la masse de chaux carbonatée. La zone extérieure périphérique contient beaucoup plus de feldspath que de quartz parmi les feuilles des micas qui s'arrangent toujours concentriquement autour du noyau central, et rarement des grains et des rhomboèdres isolés de calcite.

Celui-ci est complètement limpide ; j'y ai seulement ob-

servé çà et là des nuages d'une matière pulvérulente opaque et fréquemment des vacuoles d'assez grande taille ordinairement vides. Une partie des particules sans trace de clivage et insoluble dans l'acide acétique doivent être rapportées à la dolomie.

Les éléments accessoires et rares du granite, aussi bien que des varioles, sont : la magnétite, le fer titané, partiellement transformé en sphène et enfin l'apatite. Le fer oxydulé en grains et cristaux à section carrée s'accumule en taches très inégalement distribuées dans la calcite et principalement la biotite des nodules. Une masse assez volumineuse de fer titané avec une partie de sphène forme une enclave dans le mica magnésien du globule. Les prismes courts et tronqués de l'apatite sont rares et disséminés dans tous les éléments. Elle renferme des cavités et des pores liquides d'un caractère particulier: le liquide avec une bulle mobile est entouré d'une zone, vraisemblablement solide, parallèle aux contours du microlithe.

Nous avons déjà insisté sur le fait que dans cette roche la calcite doit être considérée comme un élément *primitif*, puisqu'il se trouve en forme d'inclusions dans les autres éléments de la roche ; les nodules cependant en contiennent une quantité beaucoup plus considérable que la pâte. Or, comment expliquer le mode de formation de ces corps sphéroïdaux? Si le noyau central des varioles consistait entièrement en chaux carbonatée, il serait peut-être permis de croire que c'est chaque fois le reste d'une inclusion étrangère de calcaire resorbée par le magma granitique et entourée de produits de contact; mais sa nature granitique ne permet guère cette supposition ; il faut donc attribuer aux nodules une formation concrétionnaire. En tous cas la discussion seule des caractères microscopiques ne suffit point pour la déduction de quelque hypothèse sur la génèse de

cette roche singulière, car dans ce but il faudrait étudier en détail le mode de son occurrence, avant toutes ses relations stratigraphiques et son association avec les roches du voisinage.

Breslau, mars 1885.

Supplément (à la note sur le granite variolitique).

Il y a quelques jours, j'ai reçu une magnifique plaque mince de 5×5 ctm. du granite variolitique, faite par M. R. Fuess, à Berlin. La plaque contient les sections de deux varioles avec la pâte environnante et j'ai pu reconnaître que la structure des nodules varie légèrement. La première zone autour du noyau granitique par exemple d'une d'elles consiste entièrement en lamelles micacées, complètement noyées dans de grandes plages de quartz. La calcite commence à apparaître seulement dans la seconde zone et diminue en quantité d'ici à la périphérie du globule. Le noyau est ici beaucoup plus riche en feldspath qu'ailleurs; c'est peut-être parce que cette section s'approche davantage du plan diamétral de la variole et passe par la partie centrale du noyau plus riche en feldspath. J'ai réussi aussi à constater la présence du zircon dans cette roche ; il se trouve en cristaux très rares de $0^{mm},01$, assez bien développés suivant $b\,{}^1/_2\,m$ (111,110), mais cependant aux arêtes arrondies et montre une structure zonaire. Or, ce type est très fréquent dans les roches gneissiques et rare dans les roches indubitablement éruptives, comme par exemple dans les granites filoniens, les porphyres et les trachytes. Peut-être plus tard la présence d'un certain type de zircon dans une roche permettra de faire des conjectures sur son origine. Enfin, c'est un fait qui mérite d'être signalé, que j'ai trouvé dans le quartz du noyau granitique des varioles

des pores grossièrement dihexaédriques, que M. Sorby a nommé « *stone cavities* »; ils sont formés par une agglomération de globulites, parmi lesquels on distingue quelques particules polarisantes comme du verre dévitrifié. A l'un des microlithes aciculaires, que j'ai rapportés au rutile, adhère comme une goutte une inclusion de ce genre, absolument à la manière des interpositions de pyroxène dans le quartz ou le feldspath des roches hyalines. Quelques-unes des inclusions liquides contiennent de petits cristaux limpides, qui m'ont paru être plutôt des rhomboèdres que des cubes.

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 10349-5.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

ANNÉE 1885. — BULLETIN N° 6

Compte rendu de la séance du 11 Juin 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE LAPPARENT

Le président annonce deux présentations.

M. Alf. LACROIX est nommé, à l'unanimité, secrétaire pour l'étranger en remplacement de M. L. Roux démissionnaire.

M. VANDERHEYM présente à la Société: 1° un diamant formé de deux cristaux emboîtés l'un dans l'autre; 2° des fragments de clivage de diamant remarquables par l'acuité extrême de leurs arêtes et susceptibles d'application dans les arts; 3° un échantillon de l'imitation de saphir nouvellement introduite dans le commerce sous le nom d'*australythe-saphir*.

Hæmatostibiite, nouveau minéral de la mine de fer Sjœgrufvan, Paroisse Grythyttan, gouvernement d'Œrebro, Suède.

PAR M. L. J. IGELSTRÖM.

L'hæmatostibiite (de αἷμα, sang et *stibium*, antimoine) est un minéral couleur de sang lorsqu'il est en lame mince, et renfermant principalement de l'acide antimonique. Il se trouve dans des fissures essentiellement remplies de calcite, et accompagné d'un arséniate de manganèse hydraté qui est

probablement aussi un nouveau minéral. Ce dernier, d'une couleur rouge jaunâtre, transparent, n'est pas la xanthoarsénite, mais peut-être la chondroarsénite. Je ne l'ai pas encore analysé. Les fissures renferment aussi du sulfate de baryte, le tout dans une gangue de téphroïte mélée d'un peu de calcaire, et renfermant des grains microscopiques d'hæmatostibiite, d'arséniate et de magnétite ou jacobsite. Cette téphroïte est renfermée dans une couche de calcaire primitif dans la granulite de Suède.

M. Em. Bertrand m'a écrit le 28 mai 1885:

« D'après l'examen optique, l'hæmatostibiite cristallise en prisme orthorhombique. La bissectrice aiguë négative est perpendiculaire au clivage facile, les deux axes optiques sont très rapprochés ; le dichroïsme est très prononcé. Les mesures d'angles que j'ai pu faire sont trop incertaines pour que je puisse les donner même approximativement. »

Au premier aspect l'hæmatostibiite paraît noire comme l'haussmannite ou la chlorite noire. Le minéral présente un clivage parfait ; il est noir avec un aspect métallique sur les clivages, la dureté est presque la même que celle de l'haussmannite, la poussière est brune, mais moins foncée que celle de l'haussmannite. Chauffé seul au chalumeau sur le charbon il ne fond pas, mais noircit; avec le carbonate de soude, à la flamme réductrice, il donne des fumées d'antimoine et pas d'odeur d'arsenic, dans le tube, il ne donne ni eau ni substance volatile, avec le sel de phosphore ou le borax, il donne fortement les réactions du manganèse.

Soluble facilement et en totalité dans l'acide chlorhydrique la solution est jaune ; cette solution, étendue d'eau, et traitée par l'acide sulfhydrique donne une grande quantité de sulfure d'antimoine de couleur orange.

L'analyse faite sur 1gr,14 m'a donné :

CO^2 . 0,0150	0,0340 = CaO CO^2		= 0,1940 impureté de calcite, etc., etc.
CaO . 0,019			
SiO^2 . 0,0500	0,1600 = Manganèse silicaté		
MnO. 0,1100			
MnO.		0,4893	= 0,9460 Hæmatostibiite
FeO		0,0900	
MgO et CaO		0,0130	
Sb^2O^5		0,3537	
		1,1400	

En ramenant à 100 les nombres trouvés pour l'hæmatostibiite, on trouve :

Sb^2O^5.	37,2	oxygène		8,2
MnO	51,7	—	11,70	15,19
FeO	9,5	—	2,85	
MgO et CaO. .	1,6	—	0,64	
	100			

La formule est probablement $8MnO,Sb^2O^5$ ou $9MnO,Sb^2O^5$ assez voisine de celle d'un autre minéral déjà décrit sous le nom de manganostibiite.

Ces deux minéraux se rencontrent d'ailleurs dans des conditions géologiques et minéralogiques analogues.

Sur la formation des cristaux et sur les constantes capillaires de leurs différentes faces.

PAR M. P. CURIE.

Dans la théorie qu'il a donnée des phénomènes capillaires des liquides, Gauss prend comme point de départ l'hypothèse des forces centrales pour les actions intermoléculaires, il admet que les molécules n'agissent les unes

sur les autres qu'à des distances excessivement petites; enfin, il fait intervenir le principe des vitesses virtuelles.

Il considère les travaux virtuels dus aux forces capillaires comme étant donnés par la dérivée d'une certaine fonction et il montre qu'une partie des termes de cette fonction ne dépend que du volume du liquide, tandis que l'autre partie est proportionnelle à la surface.

La partie qui dépend du volume est invariable si l'on suppose le liquide incompressible; l'autre partie montre que les travaux virtuels dus aux forces capillaires sont proportionnels à la variation de surface.

On peut aujourd'hui présenter ces considérations d'une façon à la fois plus élémentaire et plus générale, sans être obligé de faire intervenir l'hypothèse des forces centrales. Ce que nous allons dire pourra s'appliquer non seulement à un liquide, mais à un corps quelconque déformable, sans variation de nature, ni de volume.

Étant donné un pareil corps en ne considérant pas les forces extérieures autres que les forces capillaires, l'énergie interne est la même pour tous les éléments de même volume suffisamment éloignés de la surface; au contraire, à la surface, il y a une couche de transition extrêmement mince, les éléments de volume de cette couche ont une énergie moyenne différant sensiblement de celle des éléments intérieurs, d'où, dans l'énergie totale une partie est proportionnelle au volume, l'autre partie est proportionnelle à la couche de transition, c'est-à-dire à la surface.

Lorsque le corps se déforme, l'énergie en volume est constante et l'énergie totale varie proportionnellement à la variation de surface.

La constante capillaire A caractéristique de la surface de séparation de deux milieux est l'énergie qu'il faut dépenser pour augmenter d'une unité cette surface de séparation.

Si le corps est soustrait à toutes les forces autres que les forces capillaires, le système tendant à avoir une énergie minimum, la surface de séparation tend à être la plus petite possible et le corps prend la forme sphérique.

Si plusieurs surfaces de séparation S, S_1, S_2 de constante capillaire A, A_1, A_2 limitent le corps, la forme stable sera celle qui donnera un minimum pour la quantité $AS + A_1S_1 + A_2S_2$.

Considérons maintenant un cristal dans son eau mère saturée et supposons que certaines parties se dissolvent et viennent se déposer sur d'autres parties, le cristal est ainsi déformable sans que ni lui, ni son eau mère n'éprouvent de variations de nature ou de volume. Si l'on néglige les travaux tout à fait minimes dus à la pesanteur, l'énergie à la surface de séparation du cristal et de son eau mère sera seule variable et la forme la plus stable sera celle pour laquelle la somme des énergies à la surface est la plus petite possible.

A chaque espèce de face doit correspondre une constante capillaire distincte, car s'il n'en était pas ainsi, le cristal, dans son eau mère, tendrait à prendre la forme sphérique.

La forme dominante doit être celle donnée par les faces dont la constante capillaire est la plus faible.

Ces principes étant admis, nous pouvons maintenant traiter un certain nombre de problèmes.

Problème: Supposons qu'un cristal prenne la forme d'un prisme quadratique dans son eau mère, quel sera le rapport du côté de la base x à la hauteur y qui caractérisera la forme la plus stable ?

Désignons par A la constante capillaire des faces latérales et par B celle de la base. L'énergie sur une face latérale

sera xy A, celle sur une base x^2 B, pour la forme stable la quantité

$$E = 4\,xyA + 2\,x^2B$$

devra être un minimum.

Du reste $$x^2y = V$$

V étant le volume constant du cristal,

d'où $$\frac{E}{2} = \frac{2\,AV}{x} + Bx^2$$

et $$\frac{1}{4}\frac{dE}{dx} = -\frac{AV}{x^2} + Bx$$

pour le minimum on doit avoir:

$$\frac{AV}{x^2} = Bx, \text{ d'où } Ay = Bx,$$

d'où $$\frac{x}{y} = \frac{A}{B}.$$

On a bien dans ce cas un minimum, car alors $\frac{d^2E}{dx^2} = 12\,B$, quantité positive.

Problème: Supposons qu'un cristal prenne la forme d'un cubo-octaèdre, quel sera la forme stable? A et B étant les constantes capillaires des faces cubiques et octaédriques.

Soit x la distance à laquelle une face octaédrique vient couper une arête du cube (distance comptée à partir du sommet de l'angle trièdre du cube reconstitué par le prolongement des arêtes b)

on trouve pour la forme stable :

$$x = \left(\frac{3}{2} - \frac{B}{A}\frac{\sqrt{3}}{2}\right) b.$$

Cette formule montre que le cristal sera entièrement cubique lorsque l'on aura

$$\frac{A}{B} < \frac{1}{\sqrt{3}},$$

qu'il sera entièrement octaédrique lorsque l'on aura

$$\frac{A}{B} > \sqrt{3},$$

qu'il prendra la forme d'un cubo-octaèdre absolument défini pour chaque valeur de $\frac{A}{B}$ comprise entre $\frac{1}{\sqrt{3}}$ et $\sqrt{3}$.

Problème : Considérons maintenant plusieurs cristaux possédant la forme stable, situés dans une même eau mère, que se passera-t-il?

L'ensemble des cristaux aura une énergie minimum lorsque leur surface totale sera la plus petite possible, c'est-à-dire lorsque tous les cristaux seront réunis en un seul.

Il y aura à vrai dire un autre cas d'équilibre; c'est celui où tous les cristaux seront égaux entre eux, mais il répond à un maximum d'énergie et l'équilibre est instable.

Ainsi la réponse est en parfaite conformité avec l'expérience; on sait, en effet, que dans une eau mère saturée le *plus gros cristal mange les petits.*

La théorie qui précède permet donc de résoudre toute une série de questions; elle est uniquement basée sur des principes généraux de la science et ne faisant pas d'hypo-

thèse particulière elle ne nous donne aucune notion précise sur le mécanisme de la formation des cristaux. Toute théorie physique particulière qui expliquera ce mécanisme devra d'abord ne pas être en contradiction avec cette théorie plus générale.

La théorie prévoit que dans une eau mère saturée tous les cristaux doivent se réunir en un seul; elle règle les dimensions des diverses faces d'un même cristal; elle montre la possibilité d'existence des plus petites facettes dans une forme parfaitement stable.

En terminant, nous ferons toutefois quelques restrictions sur la manière d'appliquer la théorie qui précède.

Lorsqu'un cristal baigne dans son eau mère saturée à température constante, il est bien évident que ce cristal ne variera pas de forme s'il possède déjà celle la plus stable ; mais, s'il en possède une autre, se déformera-t-il spontanément? Cela semble probable, mais c'est à l'expérience seule de répondre.

Il est certain que le cristal tend à prendre la forme qui correspond au minimum d'énergie et qu'il profitera de toutes les occasions qui se présenteront à lui pour le faire; mais il n'est pas dit qu'il puisse le faire spontanément dans son eau mère.

Toutes les fois que l'on applique le principe du travail maximum à un système dont on connaît imparfaitement le mécanisme, on doit toujours se demander si une force déterminante, si un petit travail préliminaire n'est pas nécessaire pour permettre au plus gros travail calculé de se produire. C'est ainsi qu'un objet placé sur le bord d'une table ne tombe pas nécessairement et que dans les phénomènes chimiques un grand nombre de combinaisons exothermiques ne se produisent pas spontanément.

Note sur des cristaux de fluorine des environs de Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône).

PAR M. F. GONNARD.

Lorsque, prenant la ligne de Lyon à Montbrison, on s'arrête à la station de Courzieux-la-Giraudière, pour, de là, gagner à pied Sainte-Foy-l'Argentière en remontant le cours sinueux de la Brevenne, on trouve à peu près constamment, pendant le trajet des neuf kilomètres, qui séparent ces deux stations, les puissantes masses des *Cornes vertes* de Fournet, traversées par un beau porphyre granitoïde à mica noir.

A environ 6 kilomètres de Courzieux-la-Giraudière, on passe devant une grande carrière pour pavés, ouverte dans ce porphyre, il y a à peu près six années.

Ce porphyre, que signalent à l'attention du minéralogiste quelques petites pinites noires fort irrégulièrement disséminées dans sa masse, est encore l'objet d'une même exploitation à 2 kilomètres environ de Sainte-Foy-l'Argentière, sur la route qui conduit de cette localité au chef-lieu du canton, à Saint-Laurent-de-Chamousset. Il est parfois sillonné par des filonnets quartzeux, renfermant diverses substances minérales, déposées soit en même temps que la silice, soit ultérieurement, telles que la calcite en lamelles nacrées et la barytine ; enfin, la fluorine.

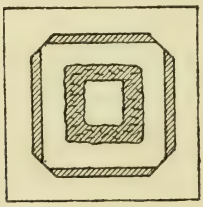
Cette dernière mérite une mention spéciale.

Elle se présente à l'intérieur des filonnets quartzeux en très petits cubes, soit libres dans la partie non remplie que laissent entre elles deux plaques siliceuses, soit empâtés dans le quartz avec calcite et barytine lamellaires. Parfois, les cubes sont incolores, sauf un point central, violet ou rougeâtre. Sur les angles de quelques-uns j'ai observé à la loupe les six facettes d'un scalénoèdre ; quoique petites,

elles sont très distinctes ; sur les arêtes de quelques autres j'ai pu voir les troncatures du dodécaèdre. Enfin, dans certains filonnets un peu plus épais, soit de 3 à 4 centimètres de puissance, j'ai étudié, isolés ou groupés dans les cavernosités du quartz, un certain nombre de jolis cubes de 2 millimètres au plus d'arêtes, montrant par des alternances de coloration les circonstances successives de leur genèse.

Si, en effet, on considère une face du cube, en disposant celle-ci à peu près normalement au rayon visuel, on voit, en allant de la surface du cube au centre : d'abord, une enveloppe cubique absolument limpide et incolore ; puis, à

Fig. 1

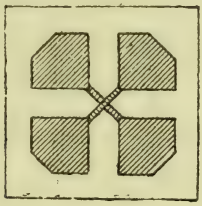


l'intérieur, un cubo-dodécaèdre creux d'un beau violet enveloppant à son tour un cube incolore ; ce dernier renferme dans sa masse une agglomération de très petits cristaux, agglomération dont les contours, extérieur et intérieur, figurent également un cube, dont la partie centrale est occupée par de la matière limpide, tandis que les petits cristaux sont violets. Il y a donc une succession de cinq zones (à peine besoin de dire que je prends cette expression dans son acception ordinaire), dont trois sont incolores et deux colorées. Parfois, cependant, la zone intérieure fait défaut, le centre du cristal étant constitué par une agglomération de très petits cristaux violets, irrégulièrement enchevêtrés les uns dans les autres. La figure 1 reproduit la vue du phénomène complet. Ce phénomène, qui est d'une netteté parfaite dans la plupart des cristaux

que j'ai recueillis, m'a paru présenter un double intérêt; d'abord, en ce qu'il apporte un appoint de plus à la doctrine de M. Sadebeck; et, en second lieu, en donnant, pour ainsi dire, un exemple naturel des expériences de M. Levalle et de M. Pasteur.

Quelques autres cristaux de fluorine, beaucoup plus petits que les précédents, présentent une autre figure également assez curieuse. Une face quelconque du cube extérieur (celui-ci toujours examiné suivant la normale à l'une de ses faces, ou à peu près) renferme quatre carrés violets symétriquement disposés autour de son centre, et séparés les

Fig 2



uns des autres par un espace limpide, qui figure ainsi une croix. Ces petits carrés sont tronqués seulement sur les angles correspondant aux arêtes du cube enveloppe. On dirait que le cubo-dodécaèdre intérieur, dont cette figure est la projection sur une des faces du cube, a été coupé en huit parties, qui ont été écartées l'une de l'autre, après le sectionnement. Les angles de ces petits carrés, qui sont du côté du centre du cristal, sont reliées par deux lignes violettes à 90° l'une de l'autre, et faisant par conséquent un angle de 45° avec les bras de la croix incolore. La figure 2 donne la disposition ci-dessus décrite.

Compte rendu des travaux minéralogiques allemands.

PAR M. J. THOULET.

ZEITSCHRIFT FÜR KRYSTALLOGRAPHIE UND MINERALOGIE. T. IX.

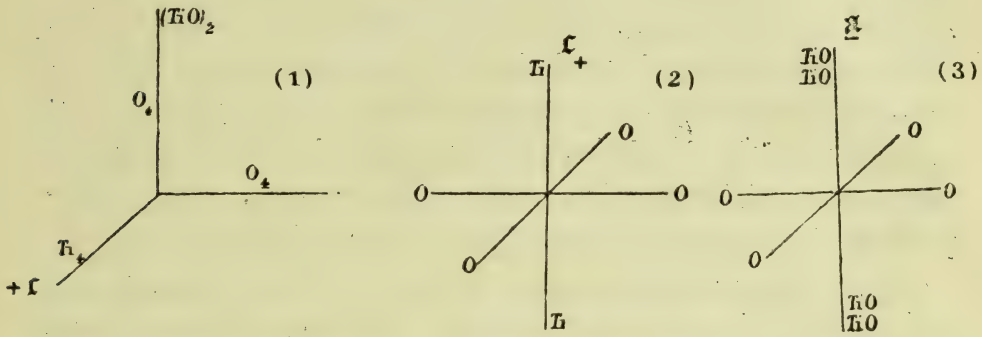
XXV. *Sur la trimorphie et les coefficients de dilatation du bioxyde de titane*, par A. SCHRAUF (pp. 433-485). — On trouve rassemblées dans ce travail toutes les observations auxquelles peut donner lieu l'hétéromorphie de l'anatase, du rutile et de la brookite et dont la connaissance autorise à attribuer la cause de cette trimorphie à la disposition intermoléculaire des atomes.

La valeur des coefficients de dilatation linéaires des trois minéraux est d'accord avec l'existence des trois formes cristallines différentes dont les paramètres restent incommensurables entre eux à toutes les températures. M. Schrauf a opéré par des mesures cristallographiques faites en hiver et en été à des températures variant de 0 à 33° connues, à un 1/10 de degré près de telle sorte que l'instrument et le cristal étaient exactement à la température du laboratoire. Les dilatations du goniomètre et de sa graduation ont été prises en considération. Enfin les allongements des cristaux ont été également mesurés au microscope au millième de millimètres.

Les coefficients de dilatation pour une différence de 1° à une température initiale de 17°,5 sont :

pour la brookite	$\alpha_a = 0{,}0000144938$
	$\alpha_b = 0{,}0000192029$
	$\alpha_c = 0{,}0000220489$
pour le rutile	$\alpha_a = 0{,}000006976$
	$\alpha_b = 0{,}000007480$
	$\alpha_c = 0{,}000009943$
pour l'anatase	$\alpha_c = 0{,}0000066424$
	$\alpha_a = -\ 0{,}0000028801$

L'auteur est amené à représenter par les trois schémas suivants le mode de groupement moléculaire de la brookite (1), du rutile (2) et de l'anatase (3).



XXVI. *Phénomènes de polarisation présentés par des lames cristallines biaxes taillées perpendiculairement à un axe optique*, par Ernst Kalkowsky (pp. 486-497). — On sait que la théorie indique qu'une lame cristalline minérale biaxe taillée perpendiculairement à un axe optique et examinée en lumière convergente, au microscope, entre les nicols croisés, doit rester *toujours* obscure lorsqu'on lui fait accomplir une révolution entière. En réalité, il n'en est jamais ainsi, et l'observation attentive de plus de trente plaques de topaze, d'andalousite, de staurolite, d'adulaire, de diopside, d'épidote et d'aragonite a prouvé à l'auteur que dans ces conditions les plaques restent, au contraire, *toujours* également lumineuses. En effet, la théorie se base sur les conditions suivantes dont l'ensemble n'est jamais réalisé dans la pratique : 1° les plaques doivent être rigoureusement planparallèles, avoir des surfaces parfaitement polies et se composer de substances absolument pures ; 2° elles doivent être taillées dans une direction parfaitement perpendiculaire à l'axe optique ; 3° elles doivent être examinées en lumière bien homogène ; 4° la lumière incidente doit se composer de rayons élémentaires rigoureusement pa-

rallèles entre eux ; 5° le microscope doit être complètement exempt de toute cause d'erreur. Ce mémoire qui tire une importance capitale de la haute réputation scientifique de son auteur, fournit une nouvelle preuve des nombreuses erreurs qu'on est exposé à commettre en se bornant à l'observation brute des minéraux des roches ; en montrant toute la distance qui sépare la théorie de la pratique, il prouve une fois de plus que l'ensemble de tous les divers modes d'expérimentation et de mesures peut seul renseigner sur la véritable nature des éléments des roches.

XXVII. *Anglésite, cérusite et linarite de la mine Hausbaden, près Badenweiler*, par Th. Liweh (pp. 498-523).— Étude cristallographique de ces échantillons spéciaux.

XXVIII. *Recherches cristallographiques*, par K. Haushofer. (pp. 524-535). — Étude cristallographique de divers composés organiques.

XXIX. *Contributions à la connaissance cristallographique de composés organiques*, par C. Hintze (pp. 536-557).

XXX. *Communications originales et notices diverses* (pp. 558-564). — Utahite, nouveau minéral par A. Arzruni. — Sur l'influence de l'acide azotique sur la cristallisation et propriétés optiques des sulfates par H. Reinsch. — Conditions dans lesquelles se rencontrent les minerais des vallées de Turtmann et d'Annivier par M. Ossent.

XXXI. *Extraits de divers mémoires* (pp. 565-637).

Vol. X.

I. *Recherches microcristallographiques*, par O. Lehmann (pp. 1-16). — L'article est la réunion de plusieurs notes séparées. Dans la première l'auteur étudie la cristallisation de la phénylquinoléine p (C_6H_5. C_9H_6Az), du mercure-orthoditolyle ($Hg^{(2)}$ (C_6H_4. $CH_3^{(1)})_2$), du mercure-dinaphtyle

α ($Hg(C_{10}H_7)_2$), du mercure-paraditolyle ($Hg^{(1)}(C_6H_4{}^{(1)}CH_3)_2$), de l'acétanilide ($C_6H_5.AzHC_2H_3O$) et de la triphénylguanidine ($C_6H_5.AzC(AzH.C_6H_5)_2$). Dans la seconde note il décrit de curieux mouvements de contact observés sur la phénylquinoléine; pour les étudier plus commodément, il emploie une solution épaisse de caoutchouc dans la benzine qu'il amène au contact d'alcool hydraté : il se produit un précipité doué de mouvements et de pulsations comparables à la circulation du protoplasma dans les cellules végétales et dont l'origine est purement physique et non chimique. On pourrait donner à ces phénomènes le nom d'énergie d'adhésion, et M. Lehmann croit devoir conclure de ses expériences que les phénomènes chimiques n'ont d'influence sur le mouvement de contact qu'autant qu'ils augmentent ou diminuent l'énergie d'adhésion. Une troisième note s'occupe des phénomènes de dissolution constatés sur des cristaux de bromure de plomb. En effet, lorsqu'on décompose une solution d'azotate de plomb par une solution de bromure de potassium, on obtient un précipité composé de trois sortes de cristaux plus ou moins stables et qui, lorsqu'ils viennent à se toucher, se modifient mutuellement par dissolution du moins stable. En dernier lieu, la quatrième note a pour objet les gouttes tourbillonnantes, ainsi que les systèmes de nœuds et d'atomes. Il est à regretter que M. Lehmann, qui, depuis plusieurs années, s'occupe de ces importantes questions de physique moléculaire observée sous le microscope n'ait pas encore cherché à réunir en un petit nombre de lois, l'énorme quantité de faits recueillis et publiés par lui.

II. *Sur des macles d'olivine contenues dans les roches*, par Ernst Kalkowsky (pp. 17-24). — Ces macles, très rares, avaient été déjà trouvées par Lang dans un gabbro de Norwège et par Cohen dans une lave d'Hawaii; Vom Rath

et Scacchi avaient cru en constater la présence dans des roches du Vésuve, mais cette olivine était en réalité de la monticellite. Ces macles se rencontrent dans des basaltes à néphéline et sont particulièrement abondantes dans des roches à mélilite de Randen et dans des basaltes à néphéline de Saxe ; elles sont à deux et à trois individus éteignant le plus souvent dans des directions différentes entre les nicols croisés et quelquefois dans la même direction, de manière que la macle ne s'aperçoit que par la différence des couleurs d'interférence. La ligne de suture, rarement régulière, est beaucoup plus généralement irrégulière.

III. *Colemanite, borate de chaux cristallisé de Californie*, par Th. Hiortdahl (pp. 25-31). — Composition chimique : 48,79 Bo_2O_3 ; 29,25 CaO ; 21,96 H_2O = 100,00 correspondant à la formule $Ca_3Bo_8O_{15}+7H_2O$; monoclinique ; a : b : c = 0,7747 : 1 : 0,5418 ; $\beta = 69^0 47'$; plan des axes optiques perpendiculaire au plan de symétrie, bissectrice optique dans l'angle obtus des axes et faisant un angle de $26^0 25'$ en lumière jaune de Na avec l'arête pg^1 (001) (010) ; $2E_a = 95^0 1$ pour le jaune ; $\rho < v$; $2H_a = 55^0 18'$, $2H_0 = 124^0 29'$ dans l'huile de cassia pour le jaune ; d'où résulte pour l'angle vrai la valeur $2V_a = 55^0 21'$ et pour l'indice de réfraction moyen la valeur $\beta = 1.5876$.

IV. *Sur la barytine de Mittelagger*, par C. Busz (pp. 32-40).— Il résulte de l'étude cristallographique de plusieurs échantillons que la relation paramétrale du minéral est 1 : 1,61481 : 1,22876, alors que la moyenne des valeurs trouvées par divers minéralogistes est 1 : 1,61101 : 1,22773, l'axe le plus court étant pris comme unité.

V. *Détermination des constantes d'élasticité des cristaux*, par J. Beckenkamp (pp. 40-57). — L'auteur mesure la flexion, sous l'action d'un poids connu agissant de haut en bas par l'intermédiaire d'une pointe ou d'une arête métallique,

éprouvée par une lame minérale allongée ou circulaire reposant sur deux supports horizontaux éloignés l'un de l'autre. Les mesures, fondées comme celles de Fizeau, sur les interférences lumineuses, sont faites avec un appareil dû à Groth qu'il est impossible de décrire sans figure et dont on trouvera une représentation, soit dans le mémoire de M. Beckenkamp, soit dans la toute nouvelle édition du bel ouvrage de Groth (*Physikalische Krystallographie*, p. 660).

L'auteur applique la formule

$$E = \frac{6P}{n\lambda h^3}\left[\left(l^2 + \frac{r^2}{2}\right) \text{arc sin}\frac{l}{r} + \frac{3}{2} l \sqrt{r^2 - l^2} - 2rl\right]$$

dans laquelle E représente le coefficient d'élasticité, P le poids appliqué, n le nombre de demi-longueur d'ondes, λ la longueur d'onde, h l'épaisseur, r le rayon de la plaque minérale, et l la demi-distance séparant les supports. Il a étudié l'alun et les résultats obtenus par lui sont les suivants :

1. L'élasticité est la même suivant des directions géométriquement équivalentes.

2. L'élasticité de l'alun est plus petite que celle de tous les autres cristaux connus. Ce fait pourrait expliquer la double réfraction anomale de ce minéral dans lequel de faibles forces mécaniques, exercées pendant l'acte de la cristallisation, suffisent pour produire des déplacements moléculaires considérables.

3. Le rapport $\frac{E_1}{E_3}$ entre les coefficients d'élasticité de l'alun est plus voisin de l'unité que dans tous les autres cristaux connus. Tandis que pour ceux-ci, on a $E_3 < E_1$, on a pour l'alun $E_3 > E_1$.

4. Lorsqu'on applique la charge à plusieurs reprises, on

constate dans les plaques observées que les coefficients d'élasticité diminuent d'une façon remarquablement régulière. Ce fait est peut-être en relation avec l'observation due à Wiedemann que l'alun à 50° subit déjà une transformation moléculaire.

5. Les phénomènes énoncés aux art. 3 et 4 ne permettent pas de se servir, pour l'alun, de la méthode d'observation par flexion, de plaques circulaires.

6. La symétrie hémiédrique de l'élasticité ne se laisse pas reconnaître sur l'alun.

7. En admettant que les formules de Neumann sur l'élasticité, puissent s'appliquer à l'alun, l'équation obtenue en traitant par la méthode des moindres carrés chacun des nombres expérimentaux trouvés pour E et considérés comme de même poids, donne les valeurs suivantes :

Pression exercée perpendiculairement à

	p E_1	b^2 E_2	b^1 E_3	a^1 E_4
Calculée...	1806	1892	1987	2057
Observée..	1793	1894	1998	2035

VI. *Sur l'augite des montagnes du Kaiserstuhl en Brisgau (Grand Duché de Bade)*, par A. Knop. (pp. 58-81). — Ce travail se rapporte à l'ensemble des études chimiques, minéralogiques, pétrographiques et géognostiques nécessitées par la confection de la carte géologique du Kaiserstuhl. L'augite appartient à quatre types différents suivant qu'elle est un élément du basalte, de la phonolithe, du calcaire ou qu'elle se trouve en grains dans les basaltes de la variété dite limburgite. Le mémoire contient l'exposé détaillé de la méthode de purification du minéral et de son analyse

faite spécialement au point de vue de l'acide titanique, ainsi qu'un grand nombre d'analyses. L'auteur termine par une discussion sur le mode de groupement moléculaire des amphiboloïdes en comprenant sous ce nom les divers membres de la famille du pyroxène et de l'amphibole.

VII. *Communications originales et notices diverses* (pp. 82-87). — Sur l'identité de la scovillite et du rhabdophane, par G. J. Brush et S. L. Penfield. — Contributions à la connaissance des propriétés optiques de l'allaktite par J. Krenner. — Sur la columbite de Craveggia dans la vallée de Vigezzo (Ossola, Piémont) par J. Strüver. — Propriétés optiques de la microlithe d'Amelia Co, Virginie par C. Hintze. — Sur la néphrite de Tasmanie par Carl Bodewig.

VIII. *Extraits de divers mémoires.* (pp. 88-112).

IX. *Sur les arséniates de manganèse de Nordmark en Wermland*, par Hj. Sjögren (pp. 113-155).

Allaktite. — Forme cristalline monoclinique isomorphe avec celle des minéraux du groupe de la vivianite et de la pharmacolite, a : b : c = 0,6127 : 1 : 0,3338 , β = 84°16′, 5; ordinairement sous les formes : p (100), h^5 (320), a^1 ($\bar{1}$01), $d^{1/3}b^{1/5}g^1$ (141); surtout tabulaire suivant p (100); verticalement striée par suite de la présence d'un grand nombre de facettes vicinales dans la zone de l'axe vertical ; clivage net suivant o^1 (101), clivage moins net suivant p (100). Dureté = 4,5. Éclat vitreux, transparent, fortement trichroïque et différemment coloré au jour et à la lumière. Les couleurs habituelles sont le rouge hyacinthe et le vert olive ; poussière gris-brun. Optiquement biaxe, double réfraction négative, plan des axes optiques coïncidant avec le plan de symétrie. V_ρ = 9°10′, V_v = 6°19′. La première bissectrice est placée dans l'angle aigu formé par a et c avec une inclinaison de 49°12′ sur ce dernier axe. Réfraction forte, indice

de réfraction moyen $\beta = 1,786$ en lumière jaune. Densité $= 3,8$. Composition chimique $Mn_3O_6(AsO)_2.4MnO_2H_2$ correspondant à une molécule d'arséniate de manganèse normal et quatre molécules de pyrochroïte avec 28,79 acide arsénique, 62,20 protoxyde de manganèse et 9,01 eau. Facilement soluble dans les acides, presque infusible au chalumeau. Chauffé au rouge sombre perd de l'eau et devient noir; plus fortement chauffée, la poudre prend une coloration brune. Est associé à un grand nombre d'arséniates de protoxyde de manganèse hydratés, avec la magnétite, la haussmannite et d'autres minéraux manganésifères, le spath fluor, etc., dans un filon calcaire de la mine Mossgrube en Nordmark.

Hæmafibrite. — Forme cristalline rhombique, isomorphe avec la scorodite et la strengite; a : b : c = 0,5261 : 1 : 1,1502 Formes *m* (110), $b^1b^{1/3}h^2$ (122), h^1 (010); rarement cristallisé. Ordinairement en druses remplies d'agrégats rayonnés. Clivage net parallèle à h^1 (010), autres clivages moins marqués suivant un prisme vertical. Dureté = 3. Couleur variant du rouge-brun au rouge-grenat; éclat vitreux ou gras; poussière et raie rouge brique. Translucide à transparent. Plan des axes optiques parallèles à (100); première bissectrice positive et coïncidant avec l'axe vertical. Angle des axes optiques dans l'air environ 70°. Densité = 3,50 — 3,65. Composition chimique $Mn_3O_6(AsO)_2.3MnO.5H_2O$ correspondant à 30.83 As_2O_5, 57,11 MnO et 12,06 H_2O avec remplacement partiel de MnO par FeO et MgO. Facilement soluble dans les acides. Dégage de l'eau dans le matras; en éclats minces fond à la flamme d'une bougie et en gros fragments devant le chalumeau en une perle noire, scoriacée. La poudre faiblement chauffée devient noire et brune lorsqu'elle est portée au rouge. Localité : Mossgrube en Nordmark dans un filon calcaire contenant du spath de

manganèse ou diallogite, de la haussmannite et des silicates décomposés.

Diadelphite. — Forme cristalline hexagonale rhomboédrique ; a : c = 1 : 0,8885; formes reconnues $pe^{5/2}a^{10}$ et a^1 avec le premier rhomboèdre dominant. Le plan de base a^1 n'est probablement qu'un plan de clivage. Facettes du rhomboèdre fondamental fortement striées horizontalement. Clivage très inégal parallèle à a^1. Dureté = 3,5. Eclat vitreux — éclat gras ; métallique suivant le plan de clivage. Couleur variant du rouge-brun au rouge-grenat. Raie et poussière brun chocolat clair. A l'état frais varie de la translucidité à la transparence sur les bords. Optiquement uniaxe ; double réfraction négative. La plupart des cristaux manifestent cependant des phénomènes anomaux de biaxialité avec un très petit angle des axes optiques. Réfraction forte $\omega_\rho = 1,723$, $\omega_\nu = 1,740$. Densité = 3,30 — 3,40; composition chimique $(Al, Fe. Mn)_2.O_6.(AsO)_2 + 8H_2O_2Mn$ correspondant à 22,60 acide arsénique, 14,15 eau, 48,92 oxydule de manganèse, 5,52 chaux et 8,81 alumine et oxyde de fer. Facilement soluble dans les acides ; infusible au chalumeau. Remplit des fentes ou est à l'état de petits fragments dans un calcaire manganésifère dans lequel il est associé aux minéraux précédents; Mossgrube en Nordmark.

Synadelphite. — Monoclinique, isomorphe avec la lazulite et la liroconite a : b : c = 0,8581 : 1 : 0,9192, $\beta = 90^0 0'$. Formes habituelles p (100), a^2 ($\bar{1}02$), o^2 (102), g^3(120), g^5(230), $b^{1/2}$($\bar{1}11$), $d^{1/2}$(111). Cristaux de types variés, prismatiques ou pyramidaux. Aucun clivage visible. Cassure conchoïdale; poudre et raie brun-chocolat clair. Dureté = 4,5. Couleur variant du noir-brun au noir ; éclat métallique sur les faces cristallines, éclat vitreux ou gras sur la cassure. Plan des axes optiques normal au plan de symétrie ; angle des axes

petit. En gros grains opaque, en lames minces transparent et de couleur brun-clair. Faiblement dichroïque. Densité = 3,46 — 3,50. Composition chimique $(Al, Fe, Mn)_2 . O_6 (As O)_2 + 5 (Mn . O_2H_2)$ correspondant à environ 29 0/0 acide arsénique, 12 0/0 sesquioxyde de manganèse, 6 0/0 alumine et peroxyde de fer, 42 0/0 protoxyde de manganèse et 11 0/0 eau. Quelques centièmes de protoxyde de manganèse sont remplacés par de la chaux et de la magnésie. Chauffée dans le matras dégage de l'eau et noircit. Fond assez facilement au chalumeau en une perle noire scoriacée. Sur le charbon odeur d'arsenic ; avec la soude, réaction du manganèse. Facilement soluble dans les acides. La poudre chauffée devient d'abord noire puis brun-jaune, se transforme en manganite par oxydation et fixation d'eau ; se présente dans une masse poreuse contenant des carbonates et de la barytine dans des filons de la mine Mossgrube en Nordmark.

Ces minéraux se trouvent dans une formation filonienne plus récente que le dépôt de minerai qu'elle traverse. Cette formation contient les minéraux primitifs suivants ; calcite, calcaire dolomitique, spath de manganèse, spath fluor, barytine, magnétite, haussmannite, manganosite, un minéral du genre de l'olivine, un minéral analogue à la berzéliite et de la manganostilbite. Comme produit secondaire on trouve en fragments ou en druses : spath calcaire, spath de manganèse, barytine, jakobsite, pyrochroïte, manganite, ainsi que les quatre arséniates de manganèse hydratés allaktite, hæmafibrite, diadelphite et synadelphite ; ces minéraux ont été formés par l'action de l'acide arsénique provenant du minéral analogue à la berzéliite, primitif mais facilement attaquable, sur l'oxydule de manganèse de la manganosite et de la pyrochroïte.

L'allaktite se montre sans contredit le minéral le plus

résistant, car on n'y peut constater soit macroscopiquement, soit microscopiquement, aucune trace de modification et il est presque toujours incolore et limpide. Les trois autres sont au contraire très facilement décomposables et leur transformation se manifeste par une coloration plus foncée partant de la périphérie et s'étendant à l'intérieur le long des fissures.

La série de décomposition est la même pour ces trois minéraux, le résultat est un produit noir impossible à distinguer de la manganite résultant de la pyrochroïte. La manganite est donc le produit final de ces trois minéraux, de sorte que la transformation s'effectue par un phénomène d'oxydation du protoxyde de manganèse en sesquioxyde.

X. *Notices minéralogiques*, par G. vom Rath (pp. 156-178).— Quartz de la Caroline du nord : ces échantillons sont remarquables par la présence de macles. Sur un cristal de stéphanite du Mexique remarquable par une facette nouvelle. Sur la tridymite du Krakatoa ; se trouve dans une andésite.

XI. *Colemanite de Californie*, par C. Bodewig et G. vom Rath (pp. 179-186).—La colemanite est un borate de chaux hydraté de Death Valley, Inyo Co, Californie, où elle est associée au borax, à l'ulexite, à la thénardite et au trona. Elle se trouve en cristaux drusiques de 1 à 2 cm. de long et massive avec un clivage parfait et un aspect ressemblant à celui de la barytine ; densité = 2,417, dureté entre celle du spath fluor et de l'apatite. Composition chimique : 21,87 eau, 27,22 chaux, 50,91 acide borique = 100,00. Monoclinique $a : b : c = 0,7769 : 1 : 0.5416$; $\beta = 110^{\circ}16' \frac{2}{3}$, en se basant sur d'autres facettes, on peut encore lui donner la relation axiale $a : b : c = 1,457 : 1 : 0,5414$ avec $\beta = 89^{\circ}52'\frac{2}{3}$. Plan

des axes optiques perpendiculaire au plan de symétrie faisant en lumière jaune de Na avec l'axe c un angle de 82°42′ dans l'angle obtus des axes; pour la lumière de Na, $2H_a = 54°48'$ (huile de cassia), $2E = 95°15'$ (air), $2V_a = 55°20'$ d'où indice moyen de réfraction = 1,5910, $\rho > \nu$; première bissectrice positive; dispersion très faible.

XII. *Minéraux de Thuringe*, par Otto Luedecke (pp. 187-201). — Étude des caractères physiques et surtout cristallographiques d'orthite provenant de quatre localités différentes, de datolite, d'albite et d'anatase.

XIII. *Minéraux de Pelsőcz-Ardó*, par A. Schmidt (pp. 202-209). — Étude de divers échantillons de smithsonite et de cérusite provenant de Pelsőcz-Ardó, Comitat de Gőmőr, Haute-Hongrie.

XIV. *Minéraux d'une andésite des environs de Málnás*, par A. Schmidt (pp. 210-220). — La localité se trouve dans le Comitat de Háromszék, en Hongrie. La roche est considérée comme une pâte de microlithes de plagioclase accompagnées d'augite, d'hypersthène, d'amphibole, de tridymite, magnétite, hématite, apatite et biotite; elle est tertiaire.

XV. *Figures de décomposition* (Zersetzungsfiguren) *sur les cristaux*, par Eug. Blasius (pp. 221-239). — Après avoir fait un historique complet de la question, l'auteur définit sous le nom de figures de décomposition l'ensemble des figures de corrosion étudiées d'abord par Baumhauer et des figures d'efflorescence de Pape et de Sohncke, rattachées par Exner aux courbes de dureté et par conséquent aux clivages. Procédant par une attaque des cristaux sous un dessicateur, en présence de l'acide sulfurique ou de l'acide phosphorique anhydre ou bien par l'alcool, il examine successivement l'alun, le sulfate de nickel quadratique, le sulfate de magnésie, le sulfate de nickel rhombique, les

sulfates de fer, de chaux (gypse), de magnésium et d'ammonium, et de cuivre. En outre des figures elliptiques de Pape, il en existe d'autres qui ne sont pas rondes, et certaines d'entre elles ne sont en relation ni avec les clivages ni avec les courbes de dureté ; les figures de corrosion ne sont qu'un cas particulier des figures de décomposition. L'attaque par l'alcool des minéraux hydratés donne des figures se rapprochant des figures d'efflorescence et de celles de corrosion; les formes elliptiques proviennent vraisemblablement de formes rectilignes angulaires. Les figures d'efflorescence obtenues dans l'air se distinguent surtout des autres par des contours n'ayant aucune relation avec les arêtes cristallines. Différentes causes dont le rôle respectif est difficile à isoler semblent influencer la forme des figures d'efflorescence. Dans certains cas particuliers simples l'examen des figures de corrosion produites sur certaines facettes permet de prévoir leur forme sur d'autres facettes. Le sulfate de nickel quadratique fournit des figures particulièrement belles et d'après celles qu'il manifeste sur les faces de la pyramide primaire, on peut ranger ce sel dans l'hémiédrie trapézoédrique du système tétragonal.

XVI. *Pseudomorphose de callaïte après apatite*, par G. E. Moore et V. von Zepharovich (pp. 240-251).— L'échantillon examiné provient de Tailor's Ranch, sur la rivière Chowchilla, Fresno Co, en Californie. Description détaillée cristallographique, ainsi que des procédés d'analyse chimique et microchimique employés pour la détermination du minéral.

XVII. *Relations cristallographiques du tétrabromure de terpène*, par C. Hintze (pp. 252-260).

XVIII. *Communications originales et notices diverses* (pp. 261-

278). — Modèles de cours destinés à démontrer le changement du plan de vibration préexistant à travers un corps axisotrope par A. Schrauf. — Sur un cristal de topaze d'Alabaschka dans l'Oural, par Leo Grünhut. — Forme cristalline de l'acide glutamique ($C_5H_9A_zO_4 = C_5H_7(A_zH_2)O_4$ par K. Oebbeke. — Remarques sur l'antipyrine, par F. A. Flückiger. — Système cristallin de l'antipyrine, par Th. Liweh.—Étude chimique de la nocérine par E. Fischer. — Sur un cristal de colemanite, par A. Arzruni. — Sur la teneur en eau des zéolithes par C. Bodewig.

XIX. *Extraits de divers mémoires* (pp. 279-320).

M. Jannettaz lit une note sur les modifications que la compression apporte dans le pouvoir rotatoire du quartz. La pression a été obtenue dans les ateliers de la Compagnie des Chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, à l'aide d'une presse hydraulique qui sera ultérieurement décrite. Une première série de mesures effectuées dans le laboratoire de physique de la Faculté des Sciences, avec le concours de M. Philippon a montré que le pouvoir rotatoire du quartz diminue, lorsqu'une pression de 800 atmosphères a été exercée pendant quelques instants perpendiculairement à son axe. Cette modification est permanente. Les résultats complets de cette recherche seront décrits très prochainement.

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 11477-5.

169

170.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

ANNÉE 1885. — BULLETIN N° 7.

Compte rendu de la séance du 9 juillet 1885

PRÉSIDENCE DE M. EM. BERTRAND

Sont nommés membres de la Société :

M. DUTREMBLAY-DEMAY, 26, rue Lambrecht, Courbevoie, présenté par MM. Lacroix et Latteux ;

M. STUER, 27, rue des Mathurins, présenté par MM. Boutillier et Lacroix.

Recherches expérimentales sur la variation des indices de réfraction sous l'influence de la chaleur.

PAR M. H. DUFET.

INTRODUCTION

1. — Les variations qu'éprouvent sous l'influence d'un changement de température les indices de réfraction ont été jusqu'à présent l'objet d'un assez grand nombre de travaux. Au point de vue de la méthode employée, ces recherches se divisent nettement en deux séries, celles qui reposent sur l'emploi des prismes et celles qui utilisent les phénomènes d'interférence.

Dans les premières, on observe en général la déviation minima donnée par un prisme d'angle connu, à la température de l'air ambiant ou chauffé dans une étuve; on en déduit l'indice de la substance par rapport à l'air, à différentes températures. Il faut remarquer que les erreurs

systématiques inhérentes à ces mesures ne permettent guère de comparer des déterminations d'indices d'une même substance dues à divers expérimentateurs, ni même à un seul expérimentateur avec des appareils différents. Quant aux mesures faites avec le même prisme et le même goniomètre, on peut facilement se rendre compte de l'approximation avec laquelle elles donnent la variation de l'indice.

Soient D la déviation minima donnée, à une température t, par un prisme d'angle A, $D + \delta$ la déviation donnée par le même prisme à la température $t + \theta$; on a, pour l'indice n et la variation moyenne x entre t et $t + \theta^\circ$, les formules :

$$n = \frac{\sin \frac{D + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}},$$

$$n + x\,\theta = \frac{\sin \frac{D + A + \delta}{2}}{\sin \frac{A}{2}},$$

d'où

$$(1) \qquad x = \frac{2 \sin \frac{\delta}{4} \cos \left(\frac{D + A}{2} - \frac{\delta}{4} \right)}{\theta \sin \frac{A}{2}}.$$

La quantité x est fonction de quatre variables, θ, δ, D et A. On aura l'erreur de x en fonction des erreurs commises sur ces variables, en différentiant successivement l'équation (1) par rapport à ces diverses quantités. On a ainsi :

$$(2) \qquad \frac{dx}{d\theta} = -\frac{x}{\theta},$$

$$(3) \qquad \frac{dx}{d\delta} = \frac{\cos\frac{D+A+\delta}{2}}{2\theta \sin\frac{A}{2}}$$

$$(4) \qquad \frac{dx}{dD} = -\frac{\sin\frac{\delta}{4}\cos\left(\frac{D+A}{2}+\frac{\delta}{4}\right)}{\theta \sin\frac{A}{2}},$$

$$(5) \qquad \frac{dx}{dA} = -\frac{\sin\frac{\delta}{4}\cos\left(\frac{D}{2}+\frac{\delta}{4}\right)}{\theta \sin^2\frac{A}{2}}.$$

On voit, à la première inspection de ces formules, que les valeurs (4) et (5) sont très petites et pratiquement négligeables à côté de (3). En remarquant que δ est petit à côté des autres angles, on peut écrire simplement :

$$(3\ bis) \qquad \frac{dx}{d\delta} = \frac{\cos\frac{D+A}{2}}{2\theta \sin\frac{A}{2}}.$$

On a dès lors, en appelant r_x l'erreur *relative* de x, r_θ l'erreur *relative* de θ, et a_δ l'erreur *absolue* de δ,

$$\pm r_x = r_\theta + \frac{\cos\frac{D+A}{2}}{2\theta x \sin\frac{A}{2}} \cdot a_\delta.$$

$$(6) \qquad \pm r_x = r_\theta + \frac{1}{2\theta x}\sqrt{\frac{1}{\sin^2\frac{A}{2}} - n^2} \cdot a_\delta.$$

Supposons qu'il s'agisse du sulfure de carbone, pour lequel l'indice n peut être pris égal à 1,625 et x à $-0,00082$, et qu'on ait mesuré les indices avec un prisme de 60° pour une variation de température de 10″ ; en prenant pour a_δ la valeur très petite 10″, on aurait :

$$r_x = r_\theta + \frac{1}{290}.$$

Pour que l'erreur r_θ ne dépasse pas l'erreur due à la déviation, il faudra apporter quelques soins à la mesure des températures ; il faut de toute nécessité employer un thermomètre de précision, plongeant dans le liquide du prisme. C'est, à ce qu'il semble, le point faible dans la plupart des expériences.

Quant aux solides, l'approximation reste faible, même avec des intervalles étendus de température. Ainsi, pour la fluorine, où l'on peut prendre :

$$n = 1,434 \text{ et } x = -0,000\,013\,4,$$

on aurait, avec un prisme de 60°, pour un intervalle de température de 50° et une valeur de a_δ égale à 10″,

$$r_x = r_\theta + \frac{1}{20}.$$

Ici l'erreur sur la température est en général négligeable à côté des erreurs de pointé. Remarquons cependant qu'il est difficile d'être assuré que le prisme, même après un séjour prolongé dans l'étuve, présente la température indiquée par le thermomètre.

2. — Ce que l'on mesure ainsi, c'est la variation de l'indice du corps relatif à l'air. Quand les mesures se font à la température ambiante, on a l'indice du corps échauffé par rapport à l'air chaud. Si le prisme est chauffé dans une étuve, il n'en sera ainsi que si les lames qui ferment l'étuve

sont normales aux faisceaux lumineux incident et émergent; si, au contraire, ces lames sont parallèles aux faces du prisme, on peut admettre que la masse d'air échauffé forme en quelque sorte des lames à faces parallèles, et on obtient l'indice du prisme chaud par rapport à l'air resté froid. Les résultats ne sont donc pas directement comparables. La différence n'est pas toujours négligeable, car les variations de l'indice de l'air sont de l'ordre de celles des indices des solides.

L'indice de l'air paraît suivre la loi de Gladstone, et on a pour l'indice, rapporté au vide, de l'air sous la pression 760^{mm} :

$$a_t = 1{,}000\,292\,1\,[1 - 0{,}000\,001\,071\,t + 0{,}000\,000\,003\,925\,t^2]. \quad (1)$$

Soient N_0 l'indice d'un corps à zéro par rapport à l'air à zéro, N_1 l'indice du même corps à t^o par rapport à l'air à t^o, la variation moyenne de l'indice pour 1° entre 0° et t^o est $\frac{N_1 - N_0}{t}$. Si N_2 est l'indice du corps à t^o par rapport à l'air resté à 0°, on a évidemment $N_2 = N_1 \frac{a_t}{a_0}$ et la variation moyenne pour 1° est :

$$\frac{N_2 - N_0}{t} = \frac{N_1 - N_0}{t} - N_1\,[0{,}000\,001\,071 - 0{,}000\,000\,003\,925\,t].$$

On a donc, pour un corps d'indice 1,5, par exemple, une différence entre les deux variations qui s'élève à 0,0000016; c'est à peu près, dans le cas du quartz, le *quart* de la quantité à mesurer. Or, cette correction si importante reste toujours très incertaine avec l'emploi d'une étuve.

3. — Parmi les travaux reposant sur l'emploi du prisme

(1) Ce nombre est celui qui résulte des recherches encore inédites de M. R. Benoît, premier adjoint au Bureau International des Poids et Mesures. Je le remercie vivement de l'obligeance qu'il m'a montrée en cette occasion et en bien d'autres dont je parlerai au cours du présent travail.

je citerai d'abord ceux de Dale et Gladstone (1); ils ont déterminé les variations d'indice d'un grand nombre de liquides, afin de prouver la constance du rapport $\frac{n-1}{d}$ qu'ils appellent *énergie réfractive spécifique.* Ces recherches sont étendues et complétées par celles de M. Landolt (2) et de M. Wüllner (3) qui conduisent à remplacer dans l'expression de l'énergie réfractive spécifique l'indice par le terme constant de la formule de Cauchy. M. Fouqué (4), en France, M. Rühlmann (5), en Allemagne, publient la même année (1867) le résultat de leurs recherches; dans le travail de M. Fouqué, consacré spécialement à l'étude de la variation du pouvoir réfringent des dissolutions salines, se trouvent rapportées sans discussion des mesures à diverses températures des indices de quelques liquides, eau, sulfure de carbone, alcool, éther, etc. M. Rühlmann étudie particulièrement la variation d'indice de l'eau. Entre 1870 et 1875, van der Willigen publie dans les *Archives du Musée Teyler* une série d'importants mémoires où il mesure avec beaucoup de soin la dispersion d'un certain nombre de substances, liquides ou solides, et où il indique accessoirement l'action de la température. C'est aussi à la méthode du prisme qu'a eu recours M. Damien (6) qui, dans son mémoire *Sur le pouvoir réfringent des liquides*, établit pour l'eau ce fait intéressant que l'indice continue à croître quand de l'eau surfondue se refroidit au-dessous de zéro.

Pour les solides, nous pourrons citer quelques mesures

(1) *Philosoph. Transactions*, pour 1858, p. 887; id. pour 1863, p. 317.
(2) *Ann. der Physik und Chem.*; t. CXVII, t. CXXII, t. CXXIII.
(3) *Ann. der Physik und Chem.*; t. CXXXIII.
(4) *Annales de l'Observatoire de Paris,* t. IX.
(5) *Ann. der Physik und Chem.*; t. CXXXII, p. 1 et 177.
(6) *Annales scient. de l'Ecole normale supérieure*, 2e S., t. X, p. 223. 1881.

anciennes de Rüdberg (1), notamment sur le quartz et l'aragonite; le travail important de M. Baille (2), où il étudie l'action de la chaleur sur les indices de différents verres et de plusieurs corps cristallisés dans le système cubique; celui de M. Stefan (3), où, toujours par la méthode du prisme, sont mesurées les variations d'indice de la fluorine, du sel gemme, de la sylvine (KCl), etc. Enfin M. Arzruni (4) a étudié l'influence de la chaleur sur les trois sulfates isomorphes de plomb, de strontiane et de baryte, l'anglésite, la célestine et la barytine.

4. — La seconde série de recherches repose sur l'emploi des appareils interférentiels.

Si, sur le trajet d'un des faisceaux lumineux, qui, après avoir été séparés, doivent se réunir et former des franges d'interférence, on interpose une lame à faces parallèles, d'épaisseur e, d'un corps d'indice n, le faisceau qui la traverse prend un retard $(n - 1)\,e$ d'où résulte un déplacement des franges. La variation dans le nombre des franges déplacées permet de calculer la variation de l'indice. Mais ici le retard dépend de deux quantités, l'indice et l'épaisseur.

Dans les expériences faites par M. Jamin (5) au moyen de son réfractomètre interférentiel, reposant sur l'emploi des lames épaisses, un des faisceaux traverse de l'eau à température variable, l'autre un milieu à température constante. Au point de vue du principe, il est indifférent de compter le nombre de franges déplacées, ou de les maintenir dans la même position au moyen d'un compensateur; dans tous les cas, un déplacement de p franges correspond

(1) *Ann. der Physik und Chemie*, t. XXVI, p. 291.

(2) *Recherches sur les indices de réfraction* (Thèse). Paris, 1867.

(3) *Wien. Ak. Bericht.* (2) LXIII, p. 223-245 et *Carl's Repertor.*; t. VIII, p. 97.

(4) *Zeits. für Krystall. und Miner. de Groth*, t. I, p. 115.

(5) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLIII, p. 1191.

à une variation de retard de $p\lambda$, λ étant la longueur d'onde *dans l'air* de la lumière employée. On a donc, en appelant k le coefficient de dilatation linéaire de la substance, ou, si c'est un liquide, de la cuve qui la renferme, x la variation moyenne de l'indice pour 1°, θ la variation de température :

$$(1) \qquad e(1+k\theta)(n+x\theta)-e(n-1)=p\lambda.$$

n représente l'indice par rapport à l'air, puisque le retard est exprimé en longueurs d'onde dans l'air.

On tire de (1) en négligeant le terme en kx :

$$(2) \qquad x=\frac{p\lambda}{e\theta}-(n-1)k.$$

L'erreur sur x provient des erreurs sur les diverses quantités comprises dans la formule; on obtient par différentiation :

$$(3) \quad dx=\frac{p\lambda}{e\theta}\left[\frac{dp}{p}+\frac{d\lambda}{\lambda}-\frac{d\theta}{\theta}-\frac{de}{e}\right]-kdn-(n-1)dk.$$

Les erreurs sur λ, e et n sont relativement petites; il reste donc, en appelant a_x l'erreur absolue de x, r_p et r_θ les erreurs relatives de p et de θ, a_k l'erreur absolue de k :

$$a_x=\frac{p\lambda}{e\theta}[r_p+r_\theta]\pm(n-1)a_k.$$

Le dernier terme est très petit dans les expériences portant sur un liquide contenu dans une cuve.

Si l'on cherche l'erreur relative, on voit facilement que dans ce cas elle est très voisine de r_p+r_θ; elle est donc tout à fait de même ordre que dans les expériences faites avec le prisme sur un liquide.

Les expériences récentes de MM. Lorentz et Pritz (1) sur l'indice de l'eau, ont été faites également avec l'appareil interférentiel de M. Jamin.

Les mêmes considérations s'appliquent à la méthode proposée et employée par M. Mascart (2), et qui repose sur l'emploi des franges de Talbot, et en général toutes les fois que les deux faisceaux interférents sont assez distants l'un de l'autre pour traverser l'un un milieu chaud, l'autre un milieu froid.

Dans le cas où le corps soumis à l'expérience serait placé dans une étuve que traverseraient à la fois les deux faisceaux interférents, la seule différence serait que la formule donnerait la variation de l'indice par rapport à l'air chaud, comme dans les expériences sur le prisme à la température ambiante.

5. — M. Fizeau (3) a employé une méthode interférentielle un peu différente pour mesurer les variations d'indice des corps solides. Il a observé les interférences de deux rayons dont l'un s'est réfléchi sur la face antérieure d'une lame à faces parallèles, l'autre a traversé deux fois la lame et s'est réfléchi sur la face postérieure. On a avec les mêmes notations qu'au § 4 :

$$2e(1 + kt)(n + x\theta) - 2en = p\lambda,$$

$$x = \frac{p\lambda}{2e\theta} - nk.$$

On voit que dans ces expériences le coefficient k a besoin

(1) *Ann. de Wiedemann*, N. F., t. XI, p. 70 ; id., p. 104.

(2) *Journal de Physique*, 1re S., t. I, p. 177. — *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, t. LXXVIII, p. 617. — *Ann. de l'Ecole normale*, 2e S., t. VI, p. 10, 1877.

(3) *Annales de Chimie et de Phys.*, 3e S., t. LXVI, p. 429, et même recueil, 4e S., t. II, p. 143.

d'être bien connu, puisqu'il est multiplié par l'indice. Cette nécessité de bien connaître k a eu un heureux résultat, puisqu'elle a conduit M. Fizeau à instituer sa belle méthode de mesure de coefficients de dilatation par le déplacement des franges d'interférence.

On a, dans ce cas, pour l'erreur absolue de x :

$$a_x = \frac{p\lambda}{2e\theta}[r_p + r_\theta] \pm n a_k,$$

et pour l'erreur relative :

$$r_x = \frac{p\lambda}{p\lambda - 2enk\theta}[r_p + r_\theta] \pm \frac{n}{x} a_k.$$

Le coefficient du terme en r_θ est sensiblement plus grand que l'unité dans le cas où p est positif, c'est-à-dire où l'effet de la dilatation l'emporte sur la diminution d'indice; il faudra donc déterminer θ avec grand soin.

Avec le dispositif de M. Fizeau, x est encore la variation de l'indice dans l'air par rapport à l'air froid. La variation de l'indice par rapport au vide n'en diffère pas pratiquement, puisqu'il suffit, pour l'obtenir, de multiplier la première par l'indice absolu de l'air.

6. — Dans le présent travail, je me suis servi concurremment des deux procédés; j'ai cherché à donner une méthode pour étudier les variations d'indice de corps, qui. comme la plupart des corps cristallisés naturels, ne peuvent s'obtenir qu'en fragments assez petits; la grande difficulté dans l'étude des variations d'indices des solides, étant de leur donner au moyen d'un bain d'air une température bien connue, je les immerge dans un liquide, l'eau, et j'observe, par le déplacement de franges d'interférence, la variation de la différence des indices du solide et du liquide. Ceci m'a conduit à étudier de nouveau, avec le plus grand soin,

la variation d'indice de l'eau, et, pour appliquer la méthode à cette dernière recherche, les variations d'indice du quartz; ces deux mesures fondamentales sont devenues l'objet principal du mémoire.

Les méthodes ayant varié légèrement pour les différents corps étudiés, je me réserve de les décrire au fur et à mesure de leur application. Je me contente de donner ici la division générale de mon travail.

Un premier chapitre est consacré à la détermination des températures et à l'étude des thermomètres qui m'ont servi.

Viennent ensuite l'étude du quartz (chap. II) et l'étude de l'eau (chap. III).

La méthode ainsi établie, j'en ai montré l'application au béryl et à la fluorine (chap. IV) et à quelques liquides, sulfure de carbone, naphtaline bromée, térébenthène et alcool (chap. V).

CHAPITRE Ier

MESURE DES TEMPÉRATURES.

7. — Dans les expériences les premières en date, j'ai déterminé les températures à l'aide d'un thermomètre ayant appartenu à Despretz, qui m'avait été prêté par le laboratoire de M. Jamin, à la Sorbonne, et qui a été malheureusement détruit par un accident survenu à la fin des expériences.

Ce thermomètre, que je désignerai sous le nom de *Therm. Despretz*, était divisé en 5es de degré, de — 25° à + 65°. J'ai commencé par en déterminer les erreurs de calibre, d'après la méthode de M. Thiesen (1), par des colonnes de 10, 20,.... 70 degrés, de — 20° à + 60°. On trouve ainsi les fractions de degré qu'il faut ajouter aux degrés lus, pour avoir les nombres qu'on aurait obtenus avec une échelle correspondant à des degrés d'égale capacité, de — 20 à + 60.

Les lectures dans les positions horizontale et verticale sont légèrement différentes, à cause de la compressibilité du réservoir ; cette différence n'est pas négligeable, elle atteint 0°,05 à 60°. J'ai déterminé la correction qu'il faut apporter aux lectures. Pour cela, le thermomètre est placé

(1) Ueber das Kalibriren von Thermometern (*Carl's Repertor.*, t. XV, p. 285 ; 1879).

dans un tube vertical rempli de glycérine ; ce tube communique par un tube de caoutchouc épais, plein de mercure, avec une cuvette mobile qu'on peut déplacer rapidement d'une quantité connue dans la direction verticale. La différence des lectures du thermomètre dans les deux positions de la cuvette donne la variation apparente de température causée par une variation connue de pression ; on peut dès lors calculer, en mesurant la distance des divisions au milieu du réservoir, la correction qu'il faut apporter à une lecture horizontale pour la transformer en lecture verticale.

Cela fait, il me restait à comparer le thermomètre avec un thermomètre étalon, puisqu'il ne porte pas le point 100. C'est ce que j'ai fait, avec l'aide de M. R. Benoît, au laboratoire du Bureau international des poids et mesures. Cette comparaison, faite au thermomètre n° 27706 (1) du Bureau, m'a montré que le degré du thermomètre Despretz vaut 1° c. à $\frac{1}{100000}$ de degré près.

8. — Les expériences qui ont suivi ont été faites à l'aide de plusieurs thermomètres. Le premier, qui m'a servi d'étalon, est divisé en 5es de -4° à $+101^{\circ}$; il a été construit par M. Stieler et porte le n° 372. Ce thermomètre, étant fourni comme calibré par le constructeur, présente des degrés d'inégale longueur. Le calibrage a été refait par des colonnes de 8° et par des colonnes de 12° ; ces deux calibrages indépendants m'ont conduit à des courbes de correction très irrégulières et ne permettant pas l'interpolation ; ceci tient précisément à l'inégalité de longueur des divisions, longueur qui varie brusquement en certains points de la colonne. Il m'a suffi, en ce cas, de mesurer la lon-

(1) R. Benoit. — Mesures de dilatation et comparaisons des règles métriques (*Travaux et Mémoires du Bureau int. des P. et M.*, t. II, 1re P., p. 90c; 1883).

gueur des divisions, afin de retrouver les points de discontinuité de la graduation ; cette mesure a été faite au cathétomètre sur le thermomètre suspendu verticalement. On peut ainsi facilement substituer à l'échelle réelle du thermomètre une échelle fictive divisée de 0° à 100° en parties d'égale longueur, et présentant, par conséquent, des erreurs *continues* de calibre. Cette correction se traduit par une courbe, ou plutôt par une ligne brisée ; en retranchant de ses ordonnées celle de la courbe *irrégulière* des corrections de calibre, on obtient une courbe parfaitement régulière, permettant, par conséquent, l'interpolation. En ceci, j'ai été aidé par les conseils de M. Benoît, qui, dans un travail non encore publié, a établi la théorie de ces corrections.

Pour le thermomètre n° 372, les corrections de calibre sont très faibles ; de 0° à 56°, elles varient entre + 0,030 et — 0,022 ; à partir de 56°, elles n'atteignent pas 0°,001 et sont négligeables.

TABLE DE CORRECTION DU THERMOMÈTRE 372.

Degré lu.	Correction additive.	Degré lu.	Correction additive.
—	—	—	—
0°	0°,000	30°	+ 0°,012
2	+ 0 ,010	32	+ 0 ,006
4	+ 0 ,013	34	+ 0 ,010
6	+ 0 ,022	36	+ 0 ,012
8	+ 0 ,011	38	+ 0 ,008
10	+ 0 ,010	40	— 0 ,004
12	0 .000	42	— 0 ,016
14	+ 0 ,008	44	— 0 ,022
16	+ 0 ,022	46	— 0 ,020
18	+ 0 ,020	48	— 0 ,017
20	+ 0 ,020	50	— 0 ,015
22	+ 0 ,024	52	— 0 ,010
24	+ 0 ,030	54	— 0 ,005
26	+ 0 ,025	56	0 ,000
28	+ 0 ,020	58	0 ,000

J'ai trouvé pour l'intervalle fondamental de ce thermomètre, au moyen de plusieurs expériences concordantes

dont j'ai pris la moyenne, qu'un degré du thermomètre 372 vaut $0^{oc},9970$. J'en ai déterminé également la correction de verticalité ; une variation de 1^{cm} dans la pression extérieure produit un déplacement de $0^{o},0016$. On en déduit :

$$t_H - t_V = 0,007 + 0,00067 t_V.$$

9. — Je me suis servi de deux autres thermomètres construits par MM. Alvergniat; l'un porte le n° 36549 et est gradué de -20° à $+50^{o}$ en cinquièmes. J'en ai déterminé les corrections de calibre et de verticalité et l'ai comparé au thermomètre n° 372. J'ai trouvé qu'une division, après corrections faites, vaut très sensiblement 1^{oc}.

L'autre thermomètre Alvergniat est divisé de 0° à $+31^{o}$ en dixièmes ; il est extrêmement petit, et l'étroitesse de la tige ne m'a pas permis de séparer des colonnes pour en vérifier le calibrage. J'ai dû l'étudier par des comparaisons avec le therm. n° 372. Les deux thermomètres, dont les réservoirs étaient entourés d'une même feuille d'étain, plongeaient dans une éprouvette remplie d'eau continuellement mélangée par un agitateur. Je vérifiais fréquemment les zéros des deux thermomètres. Une série de 29 observations très concordantes m'a conduit à la table suivante ; c'est la quantité qu'il faut ajouter à la lecture. Les corrections semblent nulles jusqu'à 9°.

TABLE DE CORRECTION DU THERMOMÈTRE ALVERGNIAT.

Degré lu.	Correct. addit.	Degré lu.	Correct. addit.	Degré lu.	Correct. addit.	Degré lu.	Correct. addit.
—	—	—	—	—	—	—	—
0°	0	8°	0	16°	— 0,064	24°	+ 0,049
1	0	9	— 0,004	17	— 0,062	25	+ 0,052
2	0	10	— 0,013	18	— 0,048	26	+ 0,055
3	0	11	— 0,025	19	— 0,015	27	+ 0.057
4	0	12	— 0,038	20	+ 0,010	28	+ 0,058
5	0	13	— 0,049	21	+ 0,028	29	+ 0,059
6	0	14	— 0,056	22	+ 0,038	30	+ 0,060
7	0	15	— 0,061	23	+ 0,045	31	+ 0,061

10. — Quant au mode d'observation des thermomètres, je les ai employés soit à tige nue, soit avec la tige entourée d'un manchon où passait constamment l'eau de la ville. La température de la tige est donnée dans les deux cas par un thermomètre auxiliaire. Les lectures se font avec une lunette permettant d'apprécier facilement $\frac{1}{10}$ et même $\frac{1}{20}$ de division, c'est-à-dire le $\frac{1}{100}$ de degré.

Quand la tige est entourée d'un manchon à température θ, la correction à apporter aux lectures se détermine par la formule connue :

$$\Delta = n(T - \theta)\frac{1}{6480}.$$

Pour les corrections de la tige nue, j'ai employé la formule de M. Mills (1), en la corrigeant d'une faute de calcul,

$$\Delta = n(T - \theta)[0{,}000\,133\,2 + 0{,}000\,000\,212n].$$

T est la température du bain, ou, d'une manière approchée, celle marquée par le thermomètre ; n, le nombre de degrés dépassant le bain ; θ est, dans le second cas, la température marquée par un thermomètre auxiliaire dont le réservoir est à moitié hauteur de la tige.

Il reste après chaque expérience à déterminer le zéro, si l'on veut avoir les températures elles-mêmes et pas seulement leurs variations, et à multiplier, s'il y a lieu, par la valeur en degrés d'une division du thermomètre.

(1) Dr Mills. — Researches on Thermometry (*Transactions of the Royal Society of Edinburgh for 1880*, vol. XXIX, part. II, p. 567).

CHAPITRE II

VARIATIONS D'INDICE DU QUARTZ.

11. — J'ai étudié séparément la variation de la double réfraction et la variation de chacun des indices principaux sous l'influence de la température. Le quartz qui m'a servi dans toutes ces expériences, m'a été communiqué par M. Broch, directeur du Bureau international des poids et mesures. Il a servi, entre les mains de M. R. Benoît, à la détermination nouvelle, au moyen de l'appareil de M. Fizeau, des coefficients de dilatation du quartz. Ce quartz, taillé par M. Laurent, présente à peu près la forme d'un cube, avec une épaisseur de $14^{mm},070$ dans le sens de l'axe et de $14^{mm},614$ dans le sens perpendiculaire. Ces nombres, dus à M. Benoît, ont été obtenus avec des instruments exactement comparés aux étalons métriques ; ils représentent donc les dimensions du quartz à 0° en millimètres *vrais*, autant du moins que cela est possible actuellement.

I. — Expériences sur la double réfraction.

12. — Quand, avec un quartz de cette épaisseur, on produit les franges de Fizeau et Foucault, on aperçoit nettement un déplacement des franges par un changement de

température (1) ; quand on chauffe, les franges se déplacent du rouge vers le vert, montrant que la double réfraction diminue ; la variation est à peu près de 2,5 franges pour 100°. Il faut donc, pour pouvoir déduire de ce déplacement la variation de double réfraction, pouvoir apprécier sûrement un déplacement d'une fraction de frange.

Un collimateur réglé sur l'infini reçoit sur la moitié de la fente la lumière d'une lampe à pétrole, et sur l'autre moitié, au moyen d'un petit prisme à réflexion totale, la lumière d'un bec Bunsen à sel marin. La lumière de la première source seulement est polarisée par un nicol, à 45° du plan horizontal. La lumière émanée du collimateur traverse le quartz, est dispersée par deux prismes de flint de 60° et est reçue dans la lunette d'un excellent théodolite de Gambey. J'avais fixé dans la lunette du théodolite un nicol à faces bien parallèles ; c'est le système qui m'a paru occasionner le moins de perte de lumière. Puisque la lumière du bec à sel marin n'est pas polarisée, on aperçoit nettement les deux raies du sodium, tandis que le spectre supérieur présente des franges. Celles-ci sont assez serrées pour être sensiblement équidistantes dans le voisinage immédiat des raies D ; la distance de deux franges était en moyenne de deux minutes d'angle. En mesurant les distances angulaires d'une des raies D (la plus réfrangible) aux deux franges obscures qui la comprennent, on peut calculer la fraction qu'il faut ajouter à l'ordre de la frange immédiatement inférieure à D_2, pour avoir le retard correspondant à cette raie.

Le cercle divisé du théodolite donne les 5″ et est muni

(1) Je me suis servi précédemment de ce déplacement des franges de Fizeau et Foucault pour mesurer la variation de double réfraction du gypse. (H. Dufet. — *Bull. de la Soc. minér.*, IV, p. 113. — Id., *Journ. de Phys.*, X, p. 513.)

d'un mouvement répétiteur. En mesurant le même angle par un certain nombre de séries de 10 répétitions, on trouve pour chaque série le même nombre à 10″ ou 15″ près, ce qui donnerait pour une mesure isolée une erreur moyenne de moins de 1″. Mais il faut pour cela que la température du quartz soit absolument constante, et, par conséquent, les franges complètement immobiles. J'indiquerai plus loin comment cette condition a été remplie. Comme la distance de deux franges consécutives est 120″, que l'erreur totale sur la position de la raie D_2 par rapport aux franges peut être estimée à 2″ environ, on voit que le retard est connu à $\frac{1}{50}$ de frange.

Pour porter le quartz à des températures constantes et connues, je l'ai placé au centre d'une étuve de Gay-Lussac, traversée sur deux faces opposées par des tubes que ferment des glaces parallèles. Le thermomètre étalon n° 372 (§ 8) pénètre dans l'étuve et a son réservoir très près du quartz. Entre les deux fonds inférieurs de l'étuve, par conséquent immédiatement au-dessus du foyer, se trouve le tube d'un régulateur de température du système perfectionné par M. R. Benoît (1). Ce tube, plein de mercure, contient une goutte d'un mélange d'éther et d'esprit de bois, bouillant vers 50° à la pression normale. En élevant plus ou moins l'interrupteur du gaz relié au tube précédent par un tube de caoutchouc épais plein de mercure, on peut fixer la température en un point quelconque entre 35° et 70° environ. Les variations de température de l'eau de l'étuve, quand le régulateur est en bonne marche,

(1) R. Benoit. — Études sur l'appareil de M. Fizeau (*Travaux et Mémoires du Bureau int. des P. et M.*, t. I, 1re p., p. 11 c, 1878). — Id., Régulateur de température (*Journal de phys.*, t. VIII, p. 346, 1879).

sont à peine de $\frac{1}{2}$ degré ; il en résulte pour la température intérieure une constance absolue, tant du moins que la pression barométrique ne varie pas.

Il faut, du reste, pour que le quartz soit à la température de l'étuve un temps assez long, plus d'une heure. On le voit par le déplacement des franges, qui ne deviennent absolument fixes qu'au bout de ce temps. A ce moment, on doit admettre que la température du quartz est la même que celle du thermomètre. Le thermomètre employé est, comme je l'ai dit, divisé en $\frac{1}{5}$ de degré ; on l'examine avec une lunette qui permet d'apprécier le $\frac{1}{20}$ de division, c'est-à-dire $0^{\circ},01$. Les lectures sont corrigées de l'erreur de calibrage et du refroidissement de la portion de la tige qui sort de l'étuve. Quant au zéro, je le déterminais immédiatement après le pointé des franges. Cette précaution, quand il est possible de l'employer, n'est pas inutile. Ainsi, dans une série, j'ai trouvé pour la position du zéro :

$-0^{\circ},20$	position primitive,	
$-0^{\circ},23$	après avoir chauffé	à 30°,
$-0^{\circ},27$	id.	à 60°,
$-0^{\circ},30$	id.	à 100°.

13. — On a donc les retards correspondants à deux températures déterminées t et t. J'appelle e l'épaisseur du quartz, et je pose

$$(1) \qquad e = e_0(1 + \mu t + \mu' t^2).$$

En appelant E et O les deux indices extraordinaire et ordinaire, je puis écrire

$$(2) \qquad E - O = E_0 - O_0 - \alpha t - \beta t^2.$$

Enfin, en appelant $k\lambda$ et $(k+p)\lambda$ les retards, j'ai les deux équations

$$(3) \qquad e_0(1+\mu t'+\mu' t'^2)[E_0-O_0-\alpha t'-\beta t'^2]=k\lambda,$$

$$(4) \qquad e_0(1+\mu t+\mu' t^2)[E_0-O_0-\alpha t-\beta t^2]=(k+p)\lambda,$$

entre lesquelles j'élimine k, en négligeant les termes en $\alpha\mu'$ et en $\beta\mu$. J'obtiens la relation

$$(5) \quad \alpha-(E_0-O_0)\mu+[\beta+\mu\alpha-(E_0-O_0)\mu'](t'+t)=\frac{p\lambda}{e_0(t'-t)}.$$

Je citerai comme exemple les observations du 13 décembre 1883 :

Température observée.	Position du zéro.	Distance des deux franges.	Distance à D_1	Retard calculé.
—	—	—	—	—
8°,75	— 0°20	2'3"	1'36"	$n+$ 0,780
57 ,20	— 0°25	2'4"	1'18"	$n-1+$ 0,629
97 ,80	— 0°30	2'3"	1' 6"	$n-2+$ 0,537

La valeur du degré du thermomètre est 0°C,9970, et les corrections calculées pour les portions de la tige qui dépasse l'étuve sont respectivement 0°,010, 0°,193, 0°,852. On a :

Température observée.	Température corrigée.	Température réduite en deg. C.
—	—	—
8°,75	8°,960	8°,933
57°,20	57°,643	57°,470
97°,80	98°,952	98°,655

Le tableau suivant présente, dans l'ordre des températures moyennes croissantes, les variations de température et les variations correspondantes de retard qui résultent de mes expériences :

$t'+t$	$t'-t$	p
—	—	—
40°,41	25°,859	0fr,579
53 ,31	35 ,364	0 ,805
63 ,99	46 ,041	1 ,081

$t' + t$	$t' - t$	p
66°,40	48°,537	1fr,151
69 ,47	57 ,461	1 ,375
71 ,25	53 ,300	1 ,266
72 ,46	57 ,408	1 ,369
91 ,88	28 ,604	0 ,704
106 ,35	91 ,296	2 ,309
106 ,61	17 ,936	0 ,461
107 ,59	89 ,722	2 ,243
110 ,41	87 ,170	2 ,246
156 ,13	41 ,185	1 ,092
162 ,29	35 ,290	0 ,939
163 ,76	33 ,888	0 ,940

En posant

$$\alpha - (E_0 - O_0)\mu = x,$$
$$\beta + \mu\alpha - (E_0 - O_0)\mu' = y,$$

on a le système d'équations

	Observ. — Calc.
$x + 40{,}41y = 0{,}0000009027$	$-0{,}0000000104$
$x + 53{,}31y = 0{,}0000009178$	$-$ 147
$x + 63{,}99y = 0{,}0000009466$	$-$ 21
$x + 66.40y = 0{,}0000009561$	$+$ 38
$x + 69{,}47y = 0{,}0000009648$	$+$ 78
$x + 71{,}25y = 0{,}0000009576$	$-$ 21
$x + 72{,}46y = 0{,}0000009614$	$-$ 1
$x + 91{,}88y = 0{,}0000009923$	$+$ 15
$x + 106{,}35y = 0{,}0000010197$	$+$ 70
$x + 106{,}61y = 0{,}0000010363$	$+$ 232
$x + 107{,}59y = 0{,}0000010079$	$-$ 67
$x + 110{,}41y = 0{,}0000010388$	$+$ 200
$x + 156{,}13y = 0{,}0000010692$	$-$ 187
$x + 162{,}29y = 0{,}0000010728$	$-$ 245
$x + 163{,}76y = 0{,}0000011183$	$+$ 188

Par la méthode des moindres carrés, on en tire le système d'équations normales

$$15\,x + 1442{,}31\,y = 0{,}000\,014\,962\,3,$$
$$1442{,}31\,x + 160\,548\;\;y = 0{,}001\,471\,81\,;$$

d'où

$$x = 0{,}000\,000\,851\,98,$$
$$y = 0{,}000\,000\,001\,513.$$

Les différences entre l'observation et le calcul sont données dans la dernière colonne du tableau précédent; on en déduit pour l'erreur moyenne de x, exprimée en unités du 10me ordre décimal, 101,7 et pour l'erreur probable 67,8; l'erreur probable relative est $\frac{1}{125}$. De même pour y, l'erreur probable est 0,652 et l'erreur probable relative $\frac{1}{23}$. L'erreur moyenne entre le calcul et l'expérience est 145,34.

14. — Ceci fait, il reste à tirer des valeurs de x et de y celles de α et de β, ce qui exige la connaissance de μ et de μ', ainsi que de $E_0 - O_0$.

M. R. Benoît, avec une obligeance dont je lui suis vivement reconnaissant, m'a communiqué les résultats de son travail sur les coefficients de dilatation du quartz. La relation entre la longueur à zéro et la longueur à t° d'un morceau de quartz est

$$l_t = l_0 (1 + 0{,}000\,007\,110\,2t + 0{,}000\,000\,008\,56t^2)$$

dans le sens de l'axe, et

$$l_t = l_0 (1 + 0{,}000\,013\,161\,5t + 0{,}000\,000\,012\,63t^2)$$

dans le sens perpendiculaire.

Dans le cas actuel on a donc

$$\mu = 0{,}000\,013\,161\,5,$$
$$\mu' = 0{,}000\,000\,012\,63.$$

Pour la valeur de $E_0 - O_0$, je connais comme expériences propres à la déterminer les mesures de Rüdberg (1), de

(1) Rüdberg. — Untersuchungen über die Brechung des farbigen Lichts im Bergskrystall und im Kalkspath (*Ann. der Physik und Chemie*, t. XIV, p. 45; 1828).

M. Mascart (1), de van der Willigen (2) et de M. Ed. Sarasin (3).

Rüdberg donne comme indices pour la raie D, à 18°C

$$E = 1{,}553\,28 \qquad O = 1{,}544\,18\,;$$

d'où

$$E - O = 0{,}009\,10.$$

En tirant parti de toutes les observations reliées par la formule de Briot $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} - D\lambda^2$, on trouve $E - O = 0{,}009\,105$.

M. Mascart donne, à une température qui n'est pas indiquée,

$$E = 1{,}553\,38 \qquad O = 1{,}544\,23\,;$$

d'où

$$E - O = 0{,}009\,15.$$

En reliant par la formule de Briot les nombres donnés par M. Mascart pour les raies de A à P, on trouve $E - O = 0{,}009\,143$.

Les nombres directs de van der Willigen pour la raie D conduiraient à une valeur voisine de celle de Rüdberg, mais ceux qu'il donne lui-même comme résultat de ses expériences sur les différentes raies, calculées par la formule de Cauchy, à trois termes, donnent, à une température de 24° environ :

$$E - O = 0{,}009\,14.$$

(1) Mascart. — Recherches sur le spectre ultraviolet (*Ann. scientifiques de l'École normale sup.*, 1re S., t. I, p. 219; 1864).

(2) Van der Willigen. — Sur la réfraction du quartz et du spath (*Archives du Musée Teyler*, t. II, p. 153 et t. III, p. 34; 1874).

(3) Sarasin. — Indices du quartz (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXXXV, p. 1230; 1877).

Enfin M. Ed. Sarasin donne pour la raie D, à une température non indiquée, $E - O = 0{,}009\,16$.

La valeur moyenne est un peu au-dessous de 0,009 14. En tenant compte de la diminution de ce nombre entre 0 et 20°, qui est environ 0,000 02, je puis prendre 0,009 15 pour valeur $E_0 - O_0$, vu la petitesse du terme $(E_0 - O_0)\mu$.

On trouve alors au moyen des valeurs de x et de y précédemment données celles de α et de β. Le résultat définitif est

$$E - O = (E_0 - O_0) - 0{,}000\,000\,972\,4t - 0{,}000\,000\,001\,616\,t^2$$

$$-\frac{d(E - O)}{dt} = 0{,}000\,000\,972\,4 + 0{,}000\,000\,003\,232\,t.$$

II. — Expériences sur les indices principaux.

15. — Quand on place sur le trajet du faisceau parallèle émané d'un collimateur réglé sur l'infini une lame mince à faces parallèles interceptant la moitié du faisceau, en faisant traverser à ce faisceau un prisme et le recevant ensuite sur une lunette, on aperçoit dans le spectre des franges noires qui sont les *franges de Talbot* (1); il faut, pour que le phénomène se produise, que la lame réfringente soit placée du côté de l'arête du prisme et que la largeur du faisceau soit limitée par une fente de largeur convenable. La théorie complète de ces franges a été donnée par Airy (2); M. Mascart (3) a montré tout le parti qu'on en pouvait tirer pour la mesure des indices, et développé le calcul des franges situées dans le plan focal de la lunette.

Quand dans le collimateur on reçoit une lumière mono-

(1) Talbot. — An experiment on the Interference of Light (*Phil. Mag.* (3), X, p. 364; 1837).

(2) Airy. — *Philos. Transact.*, 1840, p. 225, et 1841, p. 1. — Id., *Philos. Mag.* (3), XXIX, p. 337; 1846).

(3) Mascart. — *Ann. scient. de l'École normale sup.*, 2e S., t. VI, p. 9.

chromatique, celle du sodium, par exemple, on voit, quand la lame est bien réglée, des franges sur la raie D. Sans prisme, le phénomène n'est autre que les franges de diffraction qui se produisent avec deux fentes d'égale largeur l, mais qui ici se touchent et sont telles que la lumière qui a traversé l'une d'elles ait pris un retard Δ qu'on peut toujours supposer inférieur à une longueur d'onde. Si on considère les phénomènes au foyer principal d'une lunette recevant d'un collimateur un faisceau de lumière parallèle, on voit facilement que dans une direction qui fait avec la normale à l'onde incidente un angle θ, l'intensité est donnée par la formule

$$I^2 = 4l^2 \frac{\sin^2 \frac{\pi l \sin \theta}{\lambda}}{\left(\frac{\pi l \sin \theta}{\lambda}\right)^2} \cos^2 \pi \frac{a \sin \theta + \Delta}{\lambda}.$$

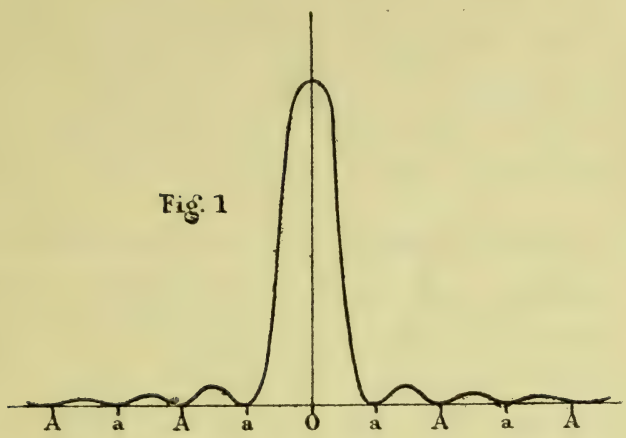
L'intensité dépend de deux facteurs qui peuvent s'annuler séparément. Le premier, de la forme $\frac{\sin^2 u}{u^2}$, donne des minima nuls et sensiblement équidistants, sauf celui qui correspondrait à $\theta = 0$ et qui est au contraire un maximum. Ces minima sont donnés par la condition

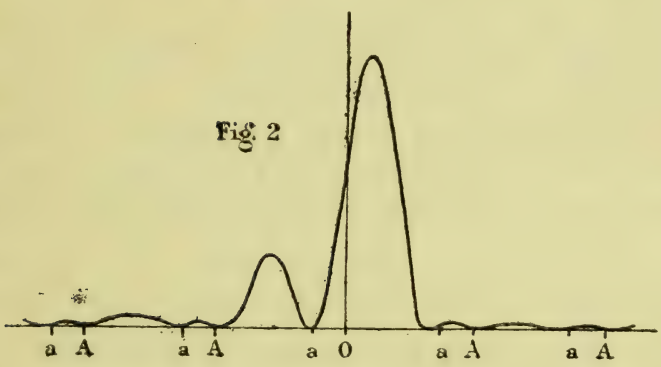
$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{l},$$

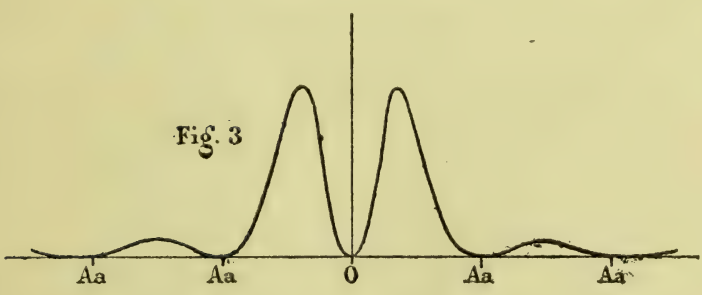
où m est un nombre entier. Ce sont les minima d'une fente de largeur l et on les désigne sous le nom de minima de premier ordre.

Les minima de second ordre s'obtiennent en égalant à zéro le second facteur ; ils sont nuls pour des valeurs qui dépendent du retard Δ imprimé par la lame ; leur distance est sensiblement constante et égale à celle des premiers. Les fig. (1), (2) et (3) représentent l'intensité pour des va-

leurs de Δ égales à 0 (fig. 1), $\frac{\lambda}{4}$ (fig. 2) et $\frac{\lambda}{2}$ (fig. 3). Les mi-







nima de premier ordre sont marqués par la lettre A, les minima de deuxième ordre par la lettre *a*.

On voit facilement à l'inspection de ces figures ce que devient l'image de la fente vue directement, ou la raie D observée avec une faible dispersion. Pour $\Delta = 0$, on a une frange brillante centrale bordée de deux raies d'égale intensité. Δ croissant, les minima de premier ordre restent fixes, ceux de deuxième ordre se déplacent du côté de la lame réfringente ; on a deux raies bien nettes, mais d'inégale intensité. Pour $\Delta = \frac{\lambda}{2}$, les deux raies sont égales, puis elles redeviennent inégales en sens contraire, et enfin quand le retard a cru d'une longueur d'onde, on retombe sur la première apparence. En général, quand, en partant d'un aspect donné des franges, on retrouve le même aspect, le retard a cru de λ.

Mais la lumière du sodium se compose de deux rayons de réfrangibilité différente. Avec une forte dispersion, chacune des raies D se trouve en dehors des franges de diffraction visibles de l'autre, et c'est alors pour chacune des deux raies que se passent les phénomènes que nous venons de décrire.

Si on emploie une dispersion telle que les franges de diffraction des deux raies s'atteignent réciproquement, le phénomène se complique un peu. Pour avoir des franges noires, il faut qu'il y ait coïncidence entre les minima du premier ordre ou entre les minima du second. La première condition ne donne rien, parce que la position qui répond à $\theta = 0$ n'est pas toujours un minimum et que dès lors les deux raies devraient être éloignées de plusieurs fois la distance de deux minima successifs. La coïncidence des minima de deuxième ordre s'obtiendra précisément par la condition qui donne les franges de Talbot proprement dites ; il faudra que la dispersion du prisme vienne compenser le déplacement des minima du second ordre par rapport aux mi-

nima du premier, qui s'est produit par la différence des retards Δ imprimés par la lame aux rayons qui constituent les deux raies. Dans ce cas, on réglera au mieux la lame en cherchant à obtenir les franges de Talbot ; pour cela le collimateur reçoit sur la moitié supérieure de sa fente de la lumière blanche, sur la moitié inférieure la lumière d'un bec Bunsen à sel marin. On voit à la fois un spectre continu et au-dessus les raies D ; quand on aperçoit, en déplaçant la lame, les franges de Talbot, on règle la fente de manière qu'elles soient aussi nettes que possible. On évite ainsi de prendre, pour les véritables franges, des franges de diffraction données par les minima de premier ordre, qui ne subiraient aucun changement par la température.

J'ai toujours substitué l'observation de ces phénomènes à celle du passage des franges sur le fil du réticule de la lunette ; l'observation est plus précise, et l'on est à l'abri d'un dérangement possible de la lunette. De plus, je n'ai pas cherché à séparer les faisceaux à l'aide de bilames, comme l'ont fait M. Fizeau, et, après lui, M. Mascart. De cette façon les différents milieux traversés par la lumière, avant ou après la lame réfringente, n'apportent pas de perturbation sensible ; on n'a aucune correction à faire relativement à l'air de l'étuve ou au liquide de la cuve où est plongée la lame, non plus qu'aux lames de verre qui ferment l'une ou l'autre.

16. — J'ai pu produire les franges entre le quartz du Bureau international dont j'ai parlé plus haut (§ 11), et un quartz de compensation, parallèle à l'axe et d'épaisseur presque égale. L'épaisseur de ce quartz est de $14^{mm},34$, par conséquent intermédiaire entre l'épaisseur du premier suivant l'axe, $14^{mm},070$, et son épaisseur perpendiculairement à l'axe, $14^{mm},614$.

On peut avec ces deux quartz produire trois systèmes

différents de franges. Les deux quartz ayant leurs axes parallèles, on peut produire des franges par l'interférence des rayons ordinaires ou par celle des rayons extraordinaires ; on aura l'un ou l'autre de ces deux systèmes suivant l'orientation d'un nicol placé dans le tube de la lunette. En tournant de 90° l'un des quartz et en plaçant le nicol dans la position qui convient à l'indice ordinaire, on aura d'une seconde manière les franges résultant de l'interférence des rayons ordinaires.

Dans mes expériences, le quartz chauffé (*quartz du Bureau international*) était placé au centre de l'étuve précédemment décrite (§ 12) ; à côté du prisme se trouvait le quartz de compensation ; la température de ce dernier est donnée par le petit thermomètre Alvergniat en dixièmes de degré (§ 9) et celle de l'étuve par le thermomètre n° 372 (§ 8).

17. — J'ai fait quelques expériences en faisant varier progressivement la température de l'étuve au moyen du régulateur, de manière à produire le passage d'une ou de plusieurs franges, à partir de la température ambiante. Ce procédé est très lent, à cause de la durée de l'échauffement et ne permet de faire qu'une ou deux lectures pour une journée entière.

J'ai préféré opérer à température variable ; on peut observer un plus grand nombre de passages. De plus, on apprécie mieux l'instant de l'égalité de ces franges ; en effet, cette égalité persiste pendant un certain temps ; en opérant à température variable, on note en définitive l'instant où la différence d'éclat des deux raies dont on veut constater l'égalité atteint une certaine limite. Les variations d'éclat du brûleur n'ont d'ailleurs qu'une très faible influence sur cette limite.

Ce mode d'opérer, plus exact à certains égards et d'un emploi plus commode, nécessite sur les températures une

correction importante. On ne peut plus admettre, en effet, que la température du quartz soit égale à celle de l'étuve. Quand l'étuve a été maintenue pendant quelques heures à la température d'ébullition de l'eau, le quartz a la même température ; si on laisse refroidir l'étuve, le quartz prend sur elle un excès de température qui va d'abord en croissant jusqu'à une certaine valeur, pour décroître ensuite et devenir nul quand l'étuve est revenue à la température ambiante.

Je me suis servi, pour obtenir cet excès, des expériences précédentes sur la variation de double réfraction. De toutes ces mesures j'ai déduit la variation de retard en fonction de la température marquée par le thermomètre ; dans les expériences sur la double réfraction, cette température est celle même du quartz. J'ai pour cela admis que le retard pouvait être représenté par une fonction parabolique du second degré. D'autre part, j'ai observé le déplacement des franges de Fizeau et Foucault en laissant refroidir l'étuve depuis la température d'ébullition de l'eau (le thermomètre intérieur marque alors 98°) jusqu'à la température ambiante. Après avoir pointé une des franges avoisinant la raie D_2, je notais sur un chronomètre à secondes le moment du pointé, puis je faisais la lecture sur le cercle. Je lisais ensuite la température marquée par le thermomètre en notant l'instant de la lecture. Le tout ne prend pas une minute. Il est facile dès lors de trouver par interpolation la température marquée par le thermomètre au moment précis du pointé d'une frange. Je vérifiais fréquemment la position de la raie D_2.

De la variation de distance à la raie D_2 des franges qui l'avoisinent, on déduit la variation de retard. La formule précédemment établie (§ 13) donne la température vraie du quartz en fonction du retard, et, par conséquent, en fonc-

tion de la température du thermomètre. Le moyen le plus simple consiste à construire une courbe ayant pour abscisses les températures marquées par le thermomètre, et pour ordonnées les corrections. Je transcris les corrections de quatre en quatre degrés, pour donner une idée de leur grandeur :

Tempér. marquée.	Correction.	Tempér. marquée.	Correction.
98°	0°	58°	3°,02
94	1 ,10	54	2 ,94
90	2 ,05	50	2 ,82
86	2 ,67	46	2 ,65
82	3 ,03	42	2 ,42
78	3 ,16	38	2 ,08
74	3 ,16	34	1 ,50
70	3 ,12	30	0 ,90
66	3 ,10	26	0 ,40
62	3 ,08	22	0 ,02

Cette table de corrections convenait pour toutes mes expériences faites en hiver avec des températures ambiantes comprises entre 4° et 8°.

Une circonstance particulière permet de s'assurer si la correction est suffisante. La variation de l'indice ordinaire peut se déterminer, comme je l'ai dit, de deux manières. Avec un quartz chauffé parallèle à l'axe, l'effet de la variation d'épaisseur l'emporte sur l'effet de la variation d'indice, et, avec des températures décroissantes, les franges se déplacent dans le sens des retards décroissants ; quand au contraire le quartz chauffé a son axe parallèle aux rayons incidents, la moindre valeur du coefficient de dilatation fait que les franges se déplacent en sens inverse. Une erreur systématique, dans l'évaluation des températures du quartz, affecterait en deux sens différents les valeurs de $\frac{dn}{dt}$ tirées des expériences. Or, les valeurs trouvées

étaient d'accord dans les limites des erreurs accidentelles.

18. — L'expérience donne les températures de l'étuve et du quartz de compensation lorsqu'il a passé sur la raie D une ou plusieurs franges. Soient alors t' et t les températures du quartz chauffé correspondant aux températures t'_1 et t_1 de l'étuve, θ' et θ les températures du quartz de compensation que j'admets être égales à celles de l'air qui l'entoure ; soient e et ε les épaisseurs des deux quartz, μ_1 et μ_2 leurs coefficients *vrais* de dilatation pour leurs températures moyennes $\frac{t'+t}{2}$ et $\frac{\theta'+\theta}{2}$, p le nombre de franges déplacées, p étant positif ou négatif suivant que le retard croît ou décroît par une élévation de température. Soient enfin

$$n = n_0 - xt - yt^2$$

l'indice du quartz par rapport à l'air à 0°,

$$a = 1 - \alpha t - \beta t^2$$

l'indice de l'air à t° par rapport à l'air à 0°, on a pour les retards les équations :

$$(1) \qquad e(n_0 - xt - yt^2 - 1 + \alpha t_1 + \beta t_1^2) - \varepsilon(n_0 - x\theta - y\theta^2 - 1 + \alpha\theta + \beta\theta^2) = k\lambda$$

$$(2) \qquad e[1 + \mu_1(t' - t)](n_0 - xt' - yt'^2 - 1 + \alpha t_1' + \beta t_1'^2) - \varepsilon[1 + \mu_2(\theta' - \theta)](n_0 - x\theta' - y\theta'^2 - 1 + \alpha\theta' + \beta\theta'^2) = (k + p)\lambda$$

On élimine k entre ces équations, en remarquant que ε, qui n'entre que dans des termes en $(\theta' - \theta)$, peut être pris égal à e et que les termes du 3e degré sont négligeables. On a :

$$(3) \quad \begin{cases} (x - \alpha)[t' - t - (\theta' - \theta) + \mu_1 t'(t'' - t)] \\ + (y - \beta)[t'^2 - t^2 - (\theta'^2 - \theta^2)] \\ = (n_0 - 1)[\mu_1(t' - t) - \mu_2(\theta' - \theta)] \\ + \alpha[t'_1 - t_1 - (t' - t)] + \beta[t_1'^2 - t_1^2 - (t'^2 - t^2)] - \frac{p\lambda}{e}. \end{cases}$$

Dans les expériences faites à température constante, on doit supposer $t = t_1$ et $t' = t'_1$; les termes en α et en β du second membre disparaissent.

19. — A. *Expériences sur l'indice ordinaire avec quartz parallèle.* — Le retard croît avec la température; l'effet de la dilatation l'emporte. Il passe une frange pour une variation de 18° environ.

Pour nous rendre compte de l'exactitude obtenue, remarquons que l'équation (3) (§ 18), en supposant $\theta' = \theta$, et en négligeant le terme en $\mu_1 x$ peut s'écrire :

$$(1) \qquad \frac{d(n-1)}{dt} = (n_0 - 1)\mu_1 - \frac{p\lambda}{e(t'-t)}.$$

Si l'on suppose que l'erreur porte sur $t' - t$ et non sur la température moyenne $\frac{t'+t}{2}$, on aura l'erreur commise sur $\frac{d(n-1)}{dt}$ en différentiant par rapport à t l'expression (1)

$$(2) \qquad \Delta \frac{d(n-1)}{dt} = \frac{p\lambda}{e(t'-t)^2} \cdot \Delta(t'-t).$$

Pour une seule frange passée, on a :

$$(3) \qquad \Delta \frac{d(n-1)}{dt} = 0,000\,000\,124 \cdot \Delta(t'-t).$$

Si l'on suppose que l'erreur porte sur la température moyenne et non sur la différence de température $(t'-t)$, on aura de même :

$$(4) \qquad \Delta \frac{d(n-1)}{dt} = (n_0 - 1)\frac{d\mu_1}{dt}\Delta\frac{t'+t}{2}$$

ou, en remplaçant $(n_0 - 1)$ et $\frac{d\mu_1}{dt}$ par leurs valeurs :

$$(5) \qquad \Delta \frac{d(n-1)}{dt} = 0,544 \times 0,000\,000\,025\,26.\ \Delta\frac{t'+t}{2}.$$

L'erreur sur la température moyenne est donc faible par rapport à l'autre, qui atteindrait pour 0°,5 d'erreur 0,000 000 062, c'est-à-dire environ $\frac{1}{100}$ de la quantité à mesurer.

Je rapporte, comme exemple des mesures, les observations du 23 février 1884. L'étuve avait été maintenue pendant plus d'une heure à la température de l'ébullition ; on l'a laissée se refroidir. On trouve alors :

Raie D brillante bordée de franges égales		Raie D divisée en deux raies égales	
Therm. de l'étuve	Therm. extérieur	Therm. de l'étuve	Therm. extérieur
83°,70	11°,70	74°,40	11°,85
66 ,60	11 ,80	56 ,80	11 ,60
49 ,10	11 ,60	39 ,60	11 ,45
31 ,50	11 ,40	21 ,80	11 ,30

On fait subir aux températures marquées par le thermomètre de l'étuve les corrections du zéro, du calibrage, de l'intervalle fondamental, et la correction relative à la portion de tige qui sort de l'étuve. De ces températures, on déduit les températures du quartz chauffé (§ 17). On a alors, en employant les notations de la formule (3) (§ 18) :

	t'_1	t_1	t'	t	θ'	θ
1er Passage	84°,26	66°,94	87°,14	70°,11	11°,70	11°,80
2e »	74 ,83	57 ,06	78 ,03	60 ,06	11 ,85	11 ,60
3e »	66 ,94	49 ,30	70 ,11	52 ,11	11 ,80	11 ,60
4e »	57 ,06	39 ,76	60 ,06	42 ,02	11 ,60	11 ,45
5e »	49 ,30	31 ,66	52 ,11	32 ,79	11 ,60	11 40
6e »	39 ,76	21 ,89	42 ,02	22 ,29	11 ,45	11 ,30

Il reste à porter ces valeurs dans la formule, en remplaçant les constantes par leurs valeurs. J'ai pris pour λ $0^{mm},0005892$, valeur moyenne des longueurs d'onde des deux raies D, d'après Ångström, et pour μ_1 et μ_2 les valeurs déduites des formules précedemment indiquées (§ 14). n_0

est l'indice du quartz par rapport à l'air; j'ai pris la valeur donnée par M. Mascart :

$$n_0 = 1,54423.$$

Les valeurs de α et de β sont celles qu'on déduit de la formule qui m'a été communiquée par M. R. Benoît comme représentant l'indice de l'air (§ 2). On a :

$$\alpha = 0,000\,001\,071$$
$$\beta = -\,0,000\,000\,003\,925.$$

En négligeant les expériences s'écartant trop de la moyenne, j'ai obtenu dans le cas actuel les équations suivantes :

		Obs. — Calc.
$x - \alpha +$ 33,16	$(y - \beta) = 0,0000052704$	$-\,0,0000000280$
54,30	54070	+ 170
64,59	54743	+ 933
65,76	55373	+ 804
72,41	55407	+ 792
73,65	54384	— 710
84,33	54671	— 789
85,50	54541	— 369
102,66	55967	5
121,29	56985	+ 218
121,34	57120	+ 351
123,19	57424	+ 576
129,00	56270	— 827
139,55	58487	+ 937
156,2	59140	+ 872
156,96	58489	+ 192
159,60	60151	+ 1741
174,13	57283	— 1751

20. — B. *Expériences sur l'indice ordinaire avec quartz perpendiculaire.* — Je n'ai fait qu'un petit nombre d'expériences avec cette disposition des quartz, les franges étant moins nettes, sans doute à cause de quelque imperfection dans la taille. Dans ce cas, les franges se déplacent en sens in-

verse, l'effet de la diminution d'indice l'emportant sur l'effet de l'augmentation d'épaisseur. Il faut donc, dans la formule 3 (§ 18), changer le signe du terme en $\frac{p\lambda}{e}$. Ici le passage d'une frange se produit pour 34° environ. J'ai obtenu les équations suivantes :

		Obs. — Calc.
$x - \alpha + 94{,}24\,(y - \beta) =$	0,0000054191	— 0,000000141
115,20	56316	— 189
130,55	56262	— 902
130,87	57450	+ 272
156,26	57703	— 564
157,34	58220	— 93
165,06	58828	+ 183

Les 25 équations répondant à la variation de l'indice ordinaire ont été résolues par la méthode des moindres carrés. Elles donnent pour équations normales :

$$25\,(x - \alpha) + 2867{,}23\,(y - \beta) = 0{,}000\,141\,208\,9$$
$$2867{,}23\,(x - \alpha) + 366\,493\,(y - \beta) = 0{,}016\,356\,66.$$

On en tire :

$$(x - \alpha) = 0{,}000\,005\,156\,3$$
$$(y - \beta) = 0{,}000\,000\,004\,29.$$

J'indique dans les tableaux précédents, à côté des valeurs expérimentales, la différence entre l'observation et le calcul. L'erreur moyenne du résultat total est $\pm 0{,}000\,000\,0803$; on en déduit pour $(x - \alpha)$:

Erreur moyenne	$\pm 0{,}000\,000\,050\,1$
— probable	$\pm 0{,}000\,000\,033\,4$
— — relative	$\frac{1}{154}$,

et pour $(y - \beta)$:

Erreur moyenne	$\pm 0,000\,000\,000\,414$
— probable	$\pm 0,000\,000\,000\,276$
— — relative	$\frac{1}{16}$.

21. — C. *Expériences sur l'indice extraordinaire.* — Cette série s'obtient absolument comme la première, sauf que le nicol de la lunette est tourné de 90°. Il passe une frange pour 32° environ, le retard allant en croissant avec la température. La valeur de l'indice extraordinaire que j'ai admise est celle donnée par M. Mascart, 1,55338.

J'ai obtenu les 16 équations suivantes :

		Obs. — Calc.
$(x - \alpha) +$ 42,22	$(y - \beta) =$ 0,0000063908	— 0,0000000212
45,97	63912	— 418
56,93	65873	+ 927
57,74	65374	+ 382
79,44	65767	— 445
96,66	68274	+ 1094
106,58	66522	— 1216
113,22	67504	— 607
118,00	68832	+ 452
121,19	69199	+ 640
129,78	69924	+ 882
130,25	67591	— 1478
155,86	70866	+ 358
158,26	70827	+ 184
159,34	69410	— 1294
165,75	71818	+ 754

Les équations normales sont :

$$16 \quad (x - \alpha) + 1\,737,19\,(y - \beta) = 0,000\,108\,560\,1$$
$$1737,19\,(x - \alpha) + 214\,777 \quad (y - \beta) = 0,011\,933\,92.$$

On en tire :

$$x - \alpha = 0,000\,006\,174\,6$$
$$y - \beta = 0,000\,000\,005\,62.$$

Les différences entre l'observation et le calcul sont données dans la colonne Obs. — Calc. L'erreur moyenne du résultat total est $\pm 0{,}000\,000\,086\,4$.

D'où, pour $x - \alpha$:

Erreur moyenne	$\pm 0{,}000\,000\,061\,9$
— probable	$\pm 0{,}000\,000\,041\,2$
— — relative	$\frac{1}{150}$,

et pour $y - \beta$:

Erreur moyenne	$\pm 0{,}000\,000\,000\,534$
— probable	$\pm 0{,}000\,000\,000\,356$
— — relative	$\frac{1}{16}$.

III. — Résultats et comparaison aux observations antérieures.

22. — Les expériences précédentes conduisent pour les dérivées par rapport à la température de la différence des indices principaux, et des différences de ces indices et de celui de l'air pris par rapport à l'air à 0°, aux équations

$$(1) \qquad -\frac{d(\mathrm{E}-\mathrm{O})}{dt} = 0{,}000\,000\,972 + 0{,}000\,000\,003\,2\,t,$$

$$(2) \qquad -\frac{d(\mathrm{E}-a)}{dt} = 0{,}000\,006\,175 + 0{,}000\,000\,011\,2\,t,$$

$$(3) \qquad -\frac{d(\mathrm{O}-a)}{dt} = 0{,}000\,005\,156 + 0{,}000\,000\,00\,86\,t.$$

Pour juger de l'accord entre ces déterminations, il n'y a qu'à se reporter au tableau suivant, où se trouvent marquées les valeurs de $-\frac{d(\mathrm{E}-\mathrm{O})}{dt}$ tirées de (1), et celles

tirées des deux équations (2) et (3), ainsi que les différences.

Température	$\frac{-d(E-O)}{dt}$ Calculé par (1)	Calculé par (2)(3)	Différence.
0°	0,000000972	0,000001019	— 0,000000047
10	1004	1045	— 41
20	1036	1071	— 35
30	1068	1097	— 29
40	1100	1123	— 23
50	1132	1149	— 17
60	1164	1175	— 11
70	1196	1201	— 5
80	1228	1227	+ 1
90	1260	1253	+ 7
100	1292	1279	+ 13

Les équations précédentes doivent servir à donner les valeurs définitives des dérivées des indices; j'y remplace d'abord $\frac{da}{dt}$ par sa valeur, qui est (§ 19) :

$$\frac{da}{dt} = -0,000\,001\,071 + 0,000\,000\,007\,8\,t.$$

On a ainsi :

$$(4) \qquad \frac{d(E-O)}{dt} = -0,000\,000\,972 - 0,000\,000\,003\,2\,t,$$

$$(5) \qquad \frac{dE}{dt} = -0,000\,007\,246 - 0,000\,000\,003\,4\,t,$$

$$(6) \qquad \frac{dO}{dt} = -0,000\,006\,227 - 0,000\,000\,000\,8\,t,$$

Des équations (4) et (6) je tire $\frac{dE}{dt}$; j'ai ainsi :

$$(7) \qquad \frac{dE}{dt} = -0,000\,007\,199 - 0,000\,000\,004\,0\,t,$$

avec une erreur moyenne égale à la somme des erreurs moyennes de (4) et de (6). Je combine les équations (7) et (5) en attribuant à chacune un *poids* inversement proportionnel à l'erreur moyenne. J'opère de la même façon pour $\frac{dO}{dt}$, et j'obtiens enfin (1) :

$$\frac{dE}{dt} = -0{,}000\,007\,223 - 0{,}000\,000\,003\,7\,t,$$

$$\frac{dO}{dt} = -0{,}000\,006\,248 - 0{,}000\,000\,000\,5\,t.$$

23. — Tels sont les résultats définitifs de mes expériences. Les coefficients de variation que je trouve ainsi sont un peu plus élevés que ceux qui résultent des expériences bien connues de M. Fizeau (2). Celles-ci ont été faites, comme on sait, en observant le déplacement des anneaux de Newton produits entre les deux faces de lames cristallines, et répondant à de grandes différences de marche. Pour comparer à mes résultats ceux de M. Fizeau, je les ai calculés à nouveau en partant des données expérimentales citées dans le Mémoire, et en prenant pour valeurs des coefficients de dilatation du quartz les nombres de M. R. Benoît. En appelant n l'indice du quartz (dans l'air), λ la longueur d'onde moyenne (dans l'air) des raies D, p le nombre de franges qui passent pour une variation de tem-

(1) Ces valeurs sont légèrement différentes que celles que j'ai données dans un résumé de cette partie de mon travail inséré aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (XCVIII, p. 1265) et au *Bull. de la Soc. Minér.*, t. VII, p. 182; cette différence tient à une erreur dans l'évaluation de l'indice de l'air, que j'ai rectifiée.

(2) H. Fizeau. — Recherches sur la dilatation et la double réfraction du cristal de roche échauffé (*Annales de Chim. et de Phys.*, 4e S., t. II, p. 143; 1864).

pérature $t' - t$, μ le coefficient de dilatation du quartz à la température moyenne $\frac{t' + t}{2}$, e son épaisseur, on a (§ 5) :

$$\frac{dn}{dt}[1 + \mu(t' - t)] = \frac{p\lambda}{2e(t' - t)} - n\mu.$$

On obtient, pour représenter les expériences de M. Fizeau, le tableau :

PLAQUES PERPENDICULAIRES A L'AXE.

e	p	$t' - t$	$\frac{t' + t}{2}$	$-\frac{dn}{dt}$	Id. déduit de mes expériences.	Diff.
4mm,9063	5,98	58°,175	39°,09	0,00000584	0,00000627	43
id.	5,96	58 ,250	39 ,13	587	627	40
id.	5,85	57 ,600	39 ,45	592	627	35
id.	5,86	57 ,525	39 ,41	590	627	37
7mm,4476	9,27	59 ,750	39 ,33	588	627	39
id.	9,14	58 ,800	39 ,80	588	627	39
id.	9,27	59 ,800	39 ,30	589	627	38
id.	2,85	19 ,820	20 ,01	582	626	44
id.	2,93	20 ,470	19 ,68	584	626	42

PLAQUES PARALLÈLES A L'AXE.

INDICE ORDINAIRE.

3mm,4799	11,833	61°,775	43°,61	0,00000581	0,00000627	46
id.	12,170	64 ,000	42 ,51	588	627	39
id.	10,945	58 ,000	39 ,50	589	627	38
id.	10,958	57 ,975	39 ,51	586	627	41
id.	3,433	19 ,300	20 ,15	605	626	21
id.	3,447	19 ,275	20 ,16	597	626	29
2mm,6350	7,870	55 ,600	39 ,63	604	627	23
id.	8,025	56 ,800	39 ,03	605	627	22
id.	3,190	23 ,750	22 ,50	632	626	— 6
id.	3,025	22 ,550	23 ,10	623	626	+ 3

INDICE EXTRAORDINAIRE.

3mm,4799	10,983	61°,775	43°,61	0,00000710	0,00000738	28
id.	11,342	64 ,000	42 ,51	711	738	27
id.	10,225	58 ,000	39 ,50	707	737	30
id.	10,217	57 ,975	39 ,51	708	737	29
id.	3,242	19 ,300	20 ,15	700	730	30
id.	3,233	19 ,275	20 ,1.	703	730	27
2mm,6350	7,355	55 ,600	39 ,63	720	737	17
id.	7,588	56 ,800	39 ,03	704	737	33
id.	3,015	23 .750	22 ,50	713	731	18
id.	2,782(1)	22 ,550	23 ,10	768	731	— 37

On voit qu'en général l'écart est d'autant plus considérable que les plaques sont plus épaisses et l'intervalle de température plus grand. De plus, avec les nombres de M. Benoît, les expériences laissent indécise la question de l'accroissement avec la température de la dérivée de l'indice, accroissement que j'ai d'ailleurs trouvé extrêmement faible. Avec les valeurs admises par M. Fizeau dans son premier mémoire pour les coefficients de dilatation du quartz, $\frac{dn}{dt}$ croît nettement en valeur absolue avec la température; il n'en est déjà plus de même avec les nombres consignés dans l'Annuaire du Bureau des longitudes.

24. — En dehors de l'important mémoire de M. Fizeau, je trouve une mesure de Rüdberg (2), et quelques nombres déduits par van der Willigen de ses mesures d'indice sur le quartz (3).

Rüdberg trouve, par la méthode du prisme, qu'une élévation de température de 64°C diminue l'indice extraordi-

(1) Observation rejetée par M. Fizeau.

(2) Rüdberg. — *Pogg. Ann.*, t. XXVI, p. 291.

(3) Van der Willigen. — Sur la réfraction du quartz et du spath (*Arch. du Mus. Teyler*, vol. II, p. 153). Id., Sur les indices du quartz et du spath d'Islande. Id., vol. III, p. 34.

naire de 0,000 28 et l'indice ordinaire de 0,000 26. On tire de là :

$$\frac{dE}{dt} = -0{,}000\,004\,35 \quad \text{et} \quad \frac{dO}{dt} = -0{,}000\,004\,06.$$

Ces nombres sont trop petits; mais il faut remarquer que la mesure portait sur une variation de 48″ dans la déviation causée par le prisme.

Van der Willigen admet que le coefficient de variation d'indice est le même pour toutes les longueurs d'onde, et compare les indices obtenus pour les différentes raies du spectre à deux températures peu différentes, de 2 à 3° au plus. Faisant la somme des différences de température et des différences d'indices, il donne la variation d'indice pour 1°; il faut ajouter à ses nombres le produit de l'indice du quartz par la dérivée de l'indice de l'air (§ 2) pour avoir la dérivée de l'indice du quartz. On trouve ainsi :

	Temp. moy.	$\frac{dn}{dt}$
	—	—
Indice ordinaire	29°	— 0,0000174
	24°	— 0,0000052
	23°	— 0,0000102
	16°	— 0,0000070
Indice extraord.	24°	— 0,0000100
	23°	— 0,0000063
	16°	— 0,0000069

Ces valeurs sont en trop petit nombre et trop discordantes entre elles pour qu'on puisse y constater autre chose qu'un accord général avec les expériences de M. Fizeau et les miennes.

CHAPITRE III

EXPÉRIENCES RELATIVES A L'INDICE DE L'EAU ET A SA VARIATION PAR LA CHALEUR.

Ire PARTIE

DÉTERMINATION DE L'INDICE DE L'EAU.

25. — Il pouvait sembler superflu de procéder de nouveau à cette mesure; mais on trouve que les résultats obtenus par différents expérimentateurs ne sont pas très concordants. Voici quelques-uns de ces résultats, relatifs à la raie D et ramenés à la température de 20° :

Observateurs	t	n_D	Id. à 20°	Indic. bibliogr.
Frauenhofer	18°,75	1,33358	1,33347	Denkschriften der Münch. Akad., t. V.
Baden-Powell	15°,8	1,3343	1,3339	Pogg. Ann., t. LXIX.
Dale et Gladstone	20°	1,3320	1,3320	Philos. Trans. for 1858.
Schmidt	23°,09	1,33417	1,3347	Pogg. Ann., t. CVII.
Müttrich	20°	1,33524	1,33524	Pogg. Ann., t. CXXI.
Landolt	19°,5	1,33276	1,33271	Pogg. Ann., t. CXXIII.
Rühlmann	20°	1,33292	1,33292	Pogg. Ann., t. CXXII.
Fouqué	20°	1,33318	1,33313	Ann. de l'Observ. de Paris, t. IX.
Baille	15°,25	1,33392	1,33353	Comptes rendus, t. LXIV.
Wüllner	19°,5	1,33295	1,33291	Pogg. Ann., t. CXXXIII.
K. Hofmann	13°,6	1,33367	1,33315	Pogg. Ann., t. CXXXIII.
Van der Willigen	19°,8	1,33294	1,33292	Arch. du Mus. Teyler, vol. I.
Damien	20°	1,33281	1,33281	Ann. de l'Ecole norm. sup., 2e s., t. X.

Les nombres cités sous les noms de MM. Rühlmann, Fouqué et Damien ont été déduits par interpolation de leurs expériences.

26. — Le prisme qui a servi à mes expériences est une cuve en glace, de forme cubique et de 9^{cm} de côté. Sa dimension, relativement grande, la rendait peu sensible aux variations de la température ambiante.

J'ai commencé par étudier les lames qui la forment. Elles sont très suffisamment planes, mais un peu prismatiques. Leur angle a été déterminé à l'aide du théodolite Gambey (§ 12). Un collimateur réglé sur l'infini et dont l'axe est disposé horizontalement au moyen d'un niveau à bulle d'air, envoie des rayons de lumière jaune sur la face du prisme sous l'incidence 45°; on mesure au théodolite l'angle des images réfléchies sur les deux faces de la lame, et, par un calcul facile, en admettant pour l'indice de la lame 1,528, indice du verre de Saint-Gobain pour les rayons jaunes, on trouve pour les quatre faces du prisme (fig. 4) et pour la lame diagonale qui le traverse :

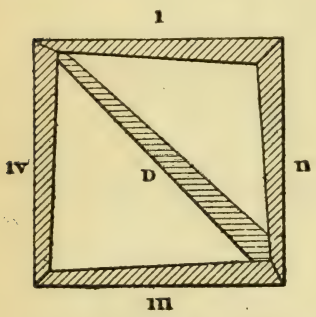


Fig. 4.

I	0′52″
II	0′55″
III	1′ 2″,5
IV	2′33″
D	1′ 0″

Pour la mesure de l'angle réfringent, le prisme est posé sur la plateforme qui termine l'axe vertical du théodolite et réglé de manière que ses faces soient verticales. Un collimateur et une lunette, réglés sur l'infini, ont leurs axes optiques dans un même plan horizontal et se rencontrant au milieu d'une des faces du prisme. Si le plan bissecteur du prisme passe par l'axe de rotation, condition facile à remplir à cause de la forme géométrique

du prisme, il n'y aura pas d'erreur provenant d'un défaut de collimation. Celle-ci étant établie sur l'infini aussi bien que possible, une petite erreur dans la position du prisme n'aura qu'une influence négligeable. J'ai trouvé ainsi pour les angles réfringents :

Angle (I, II)	80°58′30″
Angle (III, IV)	90° 1′ 8″

27. — La déviation minima pour la raie D a été mesurée en visant, à l'aide du théodolite, d'abord directement, puis à travers le prisme, une fente éloignée d'environ 30 mètres et éclairée par la lumière du sodium. Dans la figure 5, O est l'axe de rotation du théodolite, F la fente. L'angle lu sur le théodolite est LOL′, qui diffère de la déviation ADL′ d'une quantité facile à évaluer. On a, en effet (fig. 5) :

$$D - \delta = \beta$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin(\delta - \beta)} = \frac{BD}{FB},$$

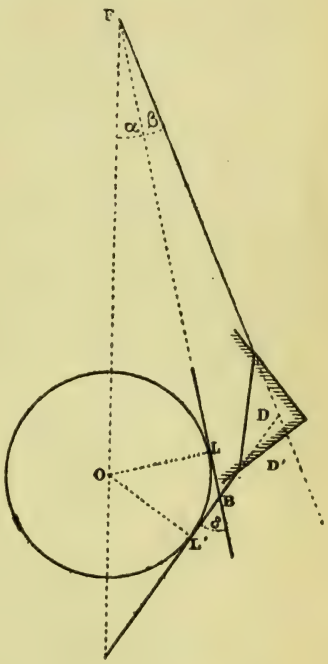


Fig. 5

d'où, en appelant l la distance OF, r le rayon du cercle décrit par la lunette du théodolite, a la distance du point de tangence de la lunette au plan bissecteur du prisme, et en remarquant que les angles α et β sont assez petits pour être confondus avec leurs sinus ou leurs tangentes,

$$\beta = \frac{a \sin \delta - r(1 - \cos \delta)}{+ r \sin \delta - a \cos \delta}.$$

Les longueurs l et a ont été mesurées par un métrage fait aussi exactement que possible ; la longueur r au moyen

d'un cathétomètre couché horizontalement, avec lequel on visait dans deux positions distantes de 180° le point de croisée des fils du réticule de la lunette du théodolite.

Dans une expérience faite sur l'angle (I, II) à 16°,52, j'avais :

$$l = 28^{m},76$$
$$a = 246^{mm},6$$
$$r = 118^{mm},75$$
$$\delta = 50°40'3'' \text{ (moy. de 8 lectures)}.$$

On tire de là $\beta = 17'38''$ et $D = 50°57'41''$.

Les déviations causées par les lames de verre, dans la position qu'occupe le prisme, sont 2'24''5 et 2'16''5; je prends comme déviation la valeur observée, augmentée de la somme de ces deux angles, c'est-à-dire 51°2'22'', et pour angle du prisme l'angle extérieur augmenté de la somme des angles des lames, c'est-à-dire 90°0'17''. A ces deux angles, qui sont l'angle du prisme d'*eau* et la déviation qu'il produit, je puis, à cause de la petitesse de la correction, appliquer la formule :

$$n = \frac{\sin \frac{D + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}},$$

ce qui donne $n = 1,33322$. J'ai obtenu ainsi :

Angle	Temp.	Indice	Ind. à 20°
I. II	16°,52	1,33322	1,33293
»	17 ,02	1,33317	1,33292
»	21 ,06	1,33288	1,33298
III. IV	17 ,12	1,33309	1,33284

La moyenne, 1,33292, coïncide avec les nombres de Rühlmann, Wüllner et van der Willigen.

28. — Avec le même prisme j'ai déterminé également les indices de l'eau pour différentes raies du spectre, avec

la lumière solaire et quelques raies métalliques. Au moment du pointé d'une raie, sous déviation minima, je notais la température de l'eau au moyen d'un thermomètre donnant $\frac{1}{100}$ de degré (*Th. Despretz*). Chaque pointé est intercalé entre deux pointés de la raie D. Des mesures très nombreuses, que je rapporterai plus loin, me donnent, en fonction de la température, la variation de la déviation de la raie D. Je pouvais donc ramener les deux lectures relatives à la raie D, précédant et suivant un pointé de raie, à ce qu'elles auraient été à la température de ce dernier pointé. J'obtiens ainsi la distance angulaire des déviations minima de la raie D et d'une autre raie; cette distance se montre constante dans un intervalle de température de quelques degrés. Dans ce prisme de 90°, la dispersion est assez forte pour qu'avec une fente très fine, on puisse apercevoir les deux raies D; les mesures se rapportent au milieu de leur intervalle.

Admettant alors pour la raie D la valeur moyenne à 20° des mesures directes 1,33292, et pour angle du prisme 90°0′17″, je calcule les déviations minima et les indices pour les différentes raies. Ces indices se représentent très bien par la formule de Briot :

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} - D\lambda^2$$

avec les valeurs :

$$A = 1{,}327715$$
$$\log. B = \bar{3}{,}35919$$
$$\log. C = \bar{5}{,}65677$$
$$\log. D = \bar{3}{,}70452$$

λ étant exprimé en millièmes de millimètre

RAIE	LONGUEUR d'onde	DIST. ANGUL. à D.	DÉVIATION minima	INDICE A 20° OBSERVÉ	INDICE A 20° CALCULÉ	DIFFÉRENCE O — C
a	$0^{\mu},7185$	— 0° 46′ 5″	50° 11′ 52″	1,32972	1,32970	+ 0,00002
B	6867	— 0 36 41	50 21 16	1,33038	1,33038	0
Li	6705	— 0 31 37	50 26 20	1,33073	1,33075	— 0,00002
C	6562	— 0 26 27	50 31 30	1,33109	1,33109	0
(1) D	5892	»	50 57 57	1,33292	1,33292	0
Th	5349	0 27 50	51 25 47	1,33482	1,33481	+ 0,00001
E	5269	0 32 15	51 30 12	1,33512	1,33513	— 0,00001
(2) b_1	5183	0 37 47	51 35 44	1,33549	1,33549	0
F	4861	1 0 15	51 58 12	1,33701	1,33701	0
(3) »	4384	1 43 35	52 41 32	1,33989	1,33987	+ 0,00002
H_γ	4340	1 47 32,5	52 45 29,5	1,34015	1,34018	— 0,00003
(4) »	4325	1 49 45	52 47 42	1,34029	1,34029	0
(5) »	4271	1 55 47	52 53 44	1,34069	1,34069	0
h	4101	2 17 12	53 15 9	1,34208	1,34206	+ 0,00002

(1) Milieu de l'intervalle des raies D.
(2) La moins réfrangible du groupe *b*.
(3) Raie 37 de van der Willigen.
(4) Raie 39 de van der Willigen.
(5) Raie 41 de van der Willigen.

29. — Van der Willigen (1) et, après lui, M. Damien (2) présentent, sous une forme dubitative il est vrai, cette opinion que des échantillons d'eau, en apparence chimiquement pure, pourraient avoir des indices différents. Malgré ce qu'une semblable affirmation présente *à priori* d'improbable, j'ai voulu la soumettre à un contrôle direct. Pour cela, le prisme de 90° était placé dans la position de déviation minima sur un support horizontal, et l'image dédoublée de la raie D observée au théodolite. Sans rien déranger dans

(1) *Archives du Musée Teyler*, vol. I, p. 235.
(2) *Ann. de l'École normale sup.*, 2e S, t. X, p. 273.

l'appareil, on pouvait, avec une pipette, enlever l'eau de la cuve et la remplacer par d'autre. La température était donnée par le thermomètre Despretz; on peut, comme je l'ai dit plus haut, ramener les observations à une même température. Il est facile d'ailleurs de calculer qu'à une variation de 1 unité du 5e ordre décimal dans l'indice, correspondrait dans l'angle de déviation, seule quantité variable, une variation de 9″.

Le tableau suivant contient quelques séries de mesures, ramenées à la température de 18° C.

	NATURE DE L'EAU	POSITION DE LA lunette	DIFFÉRENCE d'indice
I	Eau distillée à l'École normale, prise chaude au robinet, non aérée.	227° 29′ 7″	»
	Eau distillée sur KO.HO et KO, Mn^2O^7, aérée.	227° 29′ 7″	0
	Eau distillée, aérée, fournie par MM. Rousseau, fab. de produits chimiques. . .	227° 29′ 7″	0
	Eau de la ville, aérée	227° 29′44″	+ 0,000042
II	Eau distillée, bouillie, refroidie dans le vide	227° 30′ 8″	»
	La même, aérée.	227° 30′ 1″	— 0,000008
	Eau de la ville, bouillie, refroidie dans le vide (dépôt de CaO, CO^2)	227° 30′44″	+ 0,000041
	La même, non bouillie.	227° 30′51″	+ 0,000049

	NATURE DE L'EAU	POSITION DE LA lunette	DIFFÉRENCE d'indice
III	Eau distillée, bouillie	0° 13′11″,5	»
	La même, aérée	0° 13′ 9″,5	— 0,000002
	Eau de la ville, bouillie	0° 13′53″	+ 0,000047
	La même, aérée	0° 13′54″	+ 0,000048
IV	Eau distillée, bouillie	0° 13′11″,5	»
	La même, saturée de CO^2 à la pression atmosphérique	0° 12′46″	— 0,000029
	La même, après précipitation de CO^2 par l'eau de baryte	0° 13′16″	+ 0,000005
V	Eau distillée, bouillie	0° 29′12″,5	»
	Eau de Seine	0° 29′51″	+ 0,000049
	Eau de puits (séléniteuse)	0° 35′45″	+ 0,000450

Il ressort de ces expériences que la différence d'indice entre des eaux distillées d'origine diverse est inappréciable, qu'elles soient ou non aérées. Ce n'est que lorsque les gaz dissous atteignent une proportion anomale, comme dans l'eau saturée d'acide carbonique, qu'on voit nettement un abaissement de l'indice. Les eaux potables ne présentent avec l'eau distillée qu'une différence très faible, trop

grande cependant pour être négligée dans des recherches de précision. Ces divers résultats sont bien d'accord avec ce qu'on pouvait prévoir, d'après la proportion des substances gazeuses ou solides contenues dans ces eaux.

IIe PARTIE

DÉTERMINATION DE LA VARIATION D'INDICE DE L'EAU PAR LA MÉTHODE DU PRISME.

---

30. — Je me suis borné, dans tout ce qui suit, à déterminer la variation d'indice pour la raie D du sodium.

J'ai employé deux méthodes différentes. Dans la première, le prisme de 90°, disposé sur une plate-forme horizontale, et recevant le faisceau parallèle émané d'un collimateur, est placé à une certaine température dans la position de déviation minima. L'image est observée au théodolite.

Cela fait, sans toucher au prisme, on remplace par de l'eau chaude l'eau froide qu'il contenait, et l'on observe la position de l'image à différentes températures. Pour cela, on fait un pointé, aussitôt on observe le thermomètre, puis on relève sur le cercle divisé la position de la lunette. L'expérience donne donc la distance angulaire, en fonction de la température, du rayon dévié et de celui qui correspond à la déviation minima à une température connue.

Dans le second procédé, on utilise le prisme de 45° environ, formé par une des faces de la cuve cubique et la lame diagonale qui la partage, et on le place de manière que la

face d'entrée soit normale au faisceau incident. On note encore la température et la position correspondante du faisceau réfracté.

31. — A. *Prisme de 90°, dans la position de déviation minima.* — Soient A l'angle du prisme, D la déviation minima à une température θ, i l'angle d'incidence et N l'indice à cette température, $D - \delta$ la déviation à une température t; l'angle d'incidence reste égal à i, l'angle d'émergence devient $i - \delta$; les angles intérieurs qui, dans la position de déviation minima, sont égaux entre eux et à $\frac{A}{2}$, deviennent respectivement, par suite du changement d'indice $\frac{A}{2} + \varepsilon$ et $\frac{A}{2} - \varepsilon$. On a donc pour l'indice à la température t :

$$(1) \qquad n = \frac{\sin i}{\sin\left(\frac{A}{2} + \varepsilon\right)} = \frac{\sin(i - \delta)}{\sin\left(\frac{A}{2} - \varepsilon\right)}$$

et, en éliminant ε :

$$(2) \quad n^2 \sin^2 A = \sin^2 i + \sin^2(i - \delta) + 2 \sin i \sin(i - \delta) \cos A.$$

L'angle δ, dans mes expériences, n'atteignait pas 1°; on peut développer $\sin\delta$ et $\cos\delta$ en série, et se borner aux termes du second degré; il vient :

$$(3) \qquad n^2 \sin^2 \frac{A}{2} = \sin^2 i - \sin i . \cos i . \delta + \frac{\cos^2 i - 2 \sin^2 i \cos^2 \frac{A}{2}}{4 \cos^2 \frac{A}{2}} \cdot \delta^2$$

et, en extrayant la racine carrée approchée,

$$(4) \qquad n \sin \frac{A}{2} = \sin i - \frac{\cos i}{2} . \delta + \frac{\cos^2 i - \cos^2 \frac{A}{2}(1+\sin^2 i)}{8 \sin i \cos^2 \frac{A}{2}} \cdot \delta^2.$$

En différentiant par rapport à t, on a :

$$(5) \qquad \frac{dn}{dt} \frac{\cos i}{2 \sin \frac{A}{2}} \cdot \frac{d\delta}{dt} + \frac{\cos^2 i - \cos^2 \frac{A}{2}(1 + \sin^2 i)}{4 \sin i \cos^2 \frac{A}{2} \sin \frac{A}{2}} \cdot \delta \cdot \frac{d\delta}{dt}$$

Si on tient compte de la relation,

$$N = \frac{\sin \frac{D+A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

le coefficient du premier terme peut s'écrire :

$$\frac{N \cos \frac{D}{2} - 1}{2 \sin \frac{D}{2}} .$$

Quant au terme en $\delta \frac{d\delta}{dt}$, qui est petit par rapport à l'autre, on peut y faire $A = 90^\circ$, et l'équation (5) prend la forme :

$$(6) \qquad \frac{dn}{dt} = - \frac{N \cos \frac{D}{2} - 1}{2 \sin \frac{D}{2}} \frac{d\delta}{dt} - \frac{3 N^2 - 2}{4N} \cdot \delta \cdot \frac{d\delta}{dt} .$$

On peut, sans erreur sensible, dans des expériences où la température de déviation minima est voisine de 20°, la supposer égale à 20°, puisqu'au voisinage de la position de

déviation minima, une petite variation dans la position du prisme ne produit pas de variation sensible dans l'angle de déviation minima. Toutes les expériences concourront donc au calcul de $\frac{dn}{dt}$ par l'équation (6).

32. — Plusieurs séries d'expériences ont servi à construire une courbe où les déviations, à partir de la déviation minima, et les températures étaient représentées à raison de 1^{mm} par seconde d'angle et par centième de degré; les moindres erreurs devenaient ainsi évidentes. J'ai relevé sur la courbe, pour les degrés successifs, les variations de déviation entre $(t-0,5)^0$ et $(t+0,5)^0$; ces variations m'ont servi à construire une seconde courbe. De ces différences successives, on déduit facilement la valeur de δ, ainsi que celle de $\frac{d\delta}{dt}$.

Pour celle-ci, on pourrait remarquer que, dans un intervalle de quelques degrés, la courbe des déviations (1re courbe), quelle que soit sa forme réelle, peut être représentée par une formule parabolique à quatre termes :

$$\delta = m + nt + pt^2 + qt^3$$

$$\frac{d\delta}{dt} = n + 2pt + 3qt^2$$

D'autre part, si l'on désigne par Δ_θ la différence entre les valeurs de δ pour $t = \theta + 0,5$ et $t = \theta - 0,5$, c'est-à-dire la variation de δ pour 1° au degré moyen θ, on a :

$$\Delta_{\theta+1} = n + 2p\theta + 2p + 3q\theta^2 + 6q\theta + 3q + \frac{q}{4}$$

$$\Delta_\theta = n + 2p\theta + 3q\theta^2 + \frac{q}{4}$$

$$\Delta_{\theta-1} = n + 2p\theta - 2p + 3q\theta^2 - 6q\delta + 3q + \frac{q}{4}$$

ou, en substituant $\frac{d\delta}{dt}$ à sa valeur pour $t = \theta$:

$$(1) \qquad \Delta_{\theta+1} = \frac{d\delta}{dt} + 2p + 6q\theta + \frac{13q}{4}$$

$$(2) \qquad \Delta_{\theta} = \frac{d\delta}{dt} + \frac{q}{4}$$

$$(3) \qquad \Delta_{\theta-1} = \frac{d\delta}{dt} - 2p - 6q\theta + \frac{13q}{4}.$$

En retranchant la somme des équations (1) et (3) de l'équation (2) multipliée par 26, on a :

$$(4) \qquad \Delta_{\theta} - \frac{d\delta}{dt} = \frac{1}{24}\left[(\Delta_{\theta+1} - \Delta_{\theta}) - (\Delta_{\theta} - \Delta_{\theta-1})\right].$$

Cette correction est d'ailleurs, dans le cas actuel, complètement négligeable, et la dérivée de δ par rapport à la température, se confond avec la variation de déviation pour 1°.

Pour le calcul des coefficients de la formule 6 (§ 31), j'ai pris $N = 1{,}33292$ et pour D le nombre qu'on déduit de la valeur admise pour l'indice et de l'angle de la cuve.

On a :

$$\log \frac{N \cos \frac{D}{2} - 1}{\sin \frac{D}{2}} = \bar{1}{,}3732776$$

$$\log \frac{3N^2 - 2}{4N} = \bar{1}{,}79558.$$

Le résultat des expériences est donné dans le tableau suivant :

EXPÉRIENCES SOUS DÉVIATION MINIMA A 20°.

TEMPÉR.	D_θ en secondes	D_θ en arcs $\left(\frac{d\delta}{dt}\right)$	δ	$\frac{dn}{dt}$
45°	129″5	0,0006279	0,01331	— 0,0001535
44	128 3	6220	1268	1518
43	127 0	6157	1206	1501
42	125 7	6094	114	1483
41	124 4	6031	1083	1465
40	123 1	5968	1023	1448
39	121 7	5900	963	1429
38	120 2	5828	904	1410
37	118 6	5750	846	1389
36	116 9	5668	788	1367
35	115 2	5585	731	1345
34	113 6	5508	675	1324
33	111 9	5425	620	1302
32	110 1	5338	566	1280
31	108 1	5241	513	1255
30	106 0	5139	461	1229
29	103 9	5038	410	1203
28	101 7	4931	360	1176
27	99 5	4824	311	1149
26	97 2	4713	263	1121
25	94 8	4596	216	1092
24	92 2	4470	170	1061
23	89 4	4334	125	1027
22	86 4	4189	82	992
21	83 2	4034	40	954
20	79 8	3869	0	914
19	76 2	3695	— 0,00038	872
18	72 3	3505	— 0,00074	827

33. — B. *Prisme de 45° sous incidence normale.* — On a, dans ce second cas, en employant les mêmes notations que pré-

cédemment (§ 31), et en négligeant encore les puissances de δ supérieures à la seconde :

$$(1) \quad n = \frac{\sin(D + A - \delta)}{\sin A}$$

$$(2) \quad n = -\frac{\cos(D + A)}{\sin A} \cdot \delta + \frac{\sin(D + A)}{\sin A}\left(1 - \frac{\delta^2}{2}\right)$$

$$(3) \quad \frac{dn}{dt} = -\frac{\cos(D + A)}{\sin A} \cdot \frac{d\delta}{dt} - \frac{\sin(D + A)}{\sin A} \cdot \delta \cdot \frac{d\delta}{dt}.$$

En tenant compte de la relation $n = \frac{\sin(D + A)}{\sin A}$, on a :

$$(4) \quad \frac{dn}{dt} = -\frac{N \cos D - 1}{\sin D} \cdot \frac{d\delta}{dt} - N \cdot \delta \cdot \frac{d\delta}{dt}.$$

La déviation D a été mesurée au théodolite. On dispose pour cela l'instrument de telle manière que le rayon direct et le rayon réfracté soient à très peu près tangents au cercle décrit par la lunette autour de l'axe vertical. Par un réglage préalable, on rend l'axe optique de la lunette du théodolite perpendiculaire à son axe de rotation horizontal, de telle sorte que le retournement bout pour bout de cette lunette n'introduise pas d'erreur dans l'angle lu. Pour disposer le prisme normalement aux rayons incidents, on fixe en arrière de la fente du collimateur une lame de glace à 45°, ce qui permet de faire coïncider avec la fente son image réfléchie sur le prisme.

J'ai trouvé ainsi pour l'angle de déviation à 16° C., 25°18′20″. Cet angle est corrigé des déviations dues aux faces traversées du prisme et à la lame diagonale, et ramené à ce qu'il serait à 20° C. Cette dernière correction, résultant immédiatement des expériences, peut se faire avec une grande exactitude. Je trouve ainsi pour l'angle D à 20° :

$D = 26°18'50''$. On en déduit :

$$\log \frac{N \cos D - 1}{\sin D} = \bar{1},680\,591\,2 = 1,33292.$$

Le tableau suivant présente le résultat des expériences :

EXPÉRIENCES SOUS INCIDENCE NORMALE.

TEMPÉR.	Δ_θ en secondes	Δ_θ en arcs $\left(\frac{d\delta}{dt}\right)$	δ	$\frac{dn}{dt}$
50°	67″0	0,0003248	0,00800	— 0,0001591
49	66 5	3224	768	1578
48	66 0	3200	726	1565
47	65 5	3175	704	1552
46	65 0	3151	673	1538
45	64 4	3122	642	1523
44	63 8	3093	611	1508
43	63 1	3059	580	1490
42	62 4	3025	540	1472
41	61 8	2996	520	1457
40	61 2	2967	490	1441
39	60 5	2928	461	1421
38	59 8	2899	432	1406
37	59 1	2865	403	1389
36	58 3	2827	375	1369
35	57 4	2783	347	1347
34	56 4	2734	320	1322
33	55 5	2690	293	1300
32	54 3	2633	266	1271
31	53 1	2574	241	1242
30	51 8	2511	216	1211
29	50 5	2448	191	1180
28	49 2	2385	167	1148
27	47 9	2323	144	1118
26	46 6	2259	121	1086
25	45 2	2191	99	1053
24	43 8	2123	78	1020
23	42 3	2051	58	985
22	40 9	1983	38	951
21	39 5	1915	19	918
20	38 1	1847	0	885
19	36 5	1769	— 0,00018	847
18	35 0	1697	— 0,00035	813

On voit que la concordance entre les deux séries d'observations est très satisfaisante. Comme la variation de la déviation est sensiblement deux fois plus grande dans les observations sous déviation minima que dans celles sous incidence normale, il conviendrait, dans le calcul de la moyenne, d'attribuer le poids 2 aux premières, et aux secondes, le poids 1.

34. — Dans le calcul des observations précédentes, j'ai admis que l'angle du prisme ne variait pas; voici comment j'ai pu m'assurer que cette condition était remplie. Un collimateur et une lunette réglés sur l'infini, sont disposés en face l'un de l'autre, de manière que leurs axes soient parallèles; il en est ainsi quand l'image de la fente coïncide avec le fil vertical du réticule. Le prisme placé sur le trajet du faisceau renvoie dans la lunette du théodolite la lumière réfléchie par ses deux faces. Si l'angle du prisme valait exactement 90°, les deux faisceaux réfléchis seraient parallèles, et on verrait l'image de la fente du collimateur coïncider avec celle des fils du réticule de la première lunette convenablement éclairés. Cette coïncidence n'a pas lieu, l'angle du prisme n'étant pas exactement de 90°, mais on peut mesurer l'angle des deux images. Cette mesure d'angle, qui serait d'une exactitude médiocre pour la détermination de l'angle du prisme, parce que cet angle est pris trop près de l'arête, et qu'on peut redouter l'influence de l'aberration de sphéricité, est au contraire excellente pour constater les variations d'angle. On ne voit aucune différence dans la distance des images, le prisme étant vide ou rempli d'eau à 60°.

IIIe PARTIE

DÉTERMINATION DE LA VARIATION D'INDICE DE L'EAU PAR LES FRANGES DE TALBOT

---

35. — Quand on produit les franges de Talbot à l'aide d'une lame à faces parallèles plongée dans un liquide, on constate un déplacement assez rapide lorsque la température du liquide et de la lame varie. On peut déduire de ce déplacement la dérivée par rapport à la température de la différence des indices de la lame et du liquide. Comme je l'ai indiqué plus haut (§§ 15 et suiv.), le phénomène le plus facile à observer est la variation d'aspect de la raie fournie par une lumière monochromatique, que l'on observe en même temps que le spectre à bandes. A l'aide d'un thermomètre plongeant dans le liquide, très près de la lame, on observe les températures qui correspondent au passage d'une frange entière, c'est-à-dire au retour du même aspect des raies D. Le résultat brut de l'expérience est donc qu'il passe une frange entre t' et t^o à la température moyenne $\frac{t'+t}{2}$. Ces déterminations, que j'ai cherché dans chaque cas à rendre aussi nombreuses que possible, permettent de construire une courbe dont les abscisses sont les températures moyennes $\frac{t'+t}{2}$ et les ordonnées les différences de température $(t'-t)$ qui correspondent au passage d'une frange, c'est-à-dire à une augmentation de retard de λ. J'appellerai x et y les coordonnées de la courbe.

Soient S et L les indices du solide et du liquide, e l'épais-

seur de la lame solide, μ son coefficient de dilatation à la température moyenne $x = \frac{t' + t}{2}$, on a pour exprimer le retard les deux équations :

$$e(S - L) = k\lambda$$
$$e[1 + \mu(t' - t)]\,[S - L + \Delta(S - L)] = (k + 1)\lambda,$$

d'où, en éliminant k,

$$(1) \qquad e\mu(t' - t)(S - L) + e[1 + \mu(t' - t)]\Delta(S - L) = \lambda.$$

On peut toujours, pour un intervalle de quelques degrés, poser :

$$(2) \qquad S - L = (S_0 - L_0) + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3$$

$$(3) \qquad \Delta(S - L) = \alpha(t' - t) + \beta(t'^2 - t^2) + \gamma(t'^3 - t^3).$$

En remarquant que les termes en $\mu\beta$ sont négligeables, on tire de ces trois équations :

$$(4) \qquad e\mu(t' - t)[S_0 - L_0 + \alpha t]$$
$$+ e[1 + \mu(t' - t)][\alpha + \beta(t' + t) + \gamma(t'^2 + t't + t^2)] = \lambda.$$

Je remplace t' et t par leurs valeurs tirées de

$$x = \frac{t' + t}{2}$$
$$y = t' - t$$

et il vient

$$(5) \quad \mu\alpha\left(x - \frac{y}{2}\right) + (1 + \mu y)\left[\alpha + 2\beta x + \gamma\left(3x^2 + \frac{y^2}{4}\right)\right]$$
$$= \frac{\lambda}{ey} - \mu(S_0 - L_0).$$

Comme, d'autre part, d'après l'éq. (2), on a pour la température moyenne x :

$$\frac{d(S-L)}{dt} = \alpha + 2\beta x + 3\gamma x^2,$$

on peut, en tenant toujours compte de ce que les termes en $\mu\beta$ et *a fortiori* en $\mu\gamma$ sont négligeables, écrire l'éq. (5) sous la forme :

$$(6) \quad \left[1 + \mu\left(x + \frac{y}{2}\right)\right]\frac{d(S-L)}{dt} + \frac{\gamma y^2}{4} = \frac{\lambda}{ey} - \mu(S_0 - L_0).$$

C'est dans cette équation qu'on portera les valeurs de x et de y obtenues par la courbe, pour des valeurs de x distantes de 1°.

36. — Pour calculer le terme en γ, toujours très petit quand il n'est pas négligeable, il suffit de remarquer que le second membre de l'équation (6) donne une valeur approchée de $\frac{d(S-L)}{dt}$. En prenant les valeurs de ce second membre pour trois valeurs de x équidistantes de 1°, $x+1$, x, $x-1$, valeurs que je désignerai par M_{x+1}, M_x, M_{x-1}, on a, en les égalant à $\frac{d(S-L)}{dt}$:

$$\begin{aligned}
\alpha + 2\beta(x+1) + 3\gamma(x+1)^2 &= M_{x+1} \\
\alpha + 2\beta x \qquad\quad + 3\gamma x^2 \qquad &= M_x \\
\alpha + 2\beta(x-1) + 3\gamma(x-1)^2 &= M_{x-1}
\end{aligned}$$

En retranchant le double de la seconde égalité de la somme des extrêmes :

$$6\gamma = M_{x+1} + M_{x-1} - 2M_x$$

$$\gamma = \frac{(M_{x+1} - M_x) - (M_x - M_{x+1})}{6}$$

γ est donc égal à $\frac{1}{6}$ des différences secondes des seconds membres.

37. — Dans cette description générale de la méthode, je ferai rentrer la mesure des épaisseurs *e* de mes plaques. Ces épaisseurs ont été mesurées à l'aide d'un instrument appartenant au Bureau international des Poids et mesures, et que M. R. Benoît a décrit (1). C'est un *examinateur de niveau*, construit par M. Brauer à Saint-Pétersbourg et qui peut fonctionner comme sphéromètre. « Il présente, dit M. Benoît, la disposition ordinaire de ce genre d'appareils; il est tout entier en fer et très lourd.... Il est posé sur une glace épaisse et bien plane, que l'on règle horizontalement au moyen de trois vis calantes. Pour le faire fonctionner comme sphéromètre, on place un niveau sensible sur les fourchettes (de la branche longitudinale) et on ramène la bulle au milieu, en faisant porter d'abord la pointe de la vis micrométrique sur le plan de verre, puis en interposant le corps dont on veut mesurer l'épaisseur... On a étudié la vis de cet appareil, en la comparant avec quelques parties de l'échelle du baromètre normal Wild (2). Huit déterminations ont donné pour la valeur moyenne du pas de la vis à 15°,5.

$$0^{mm},31836$$

» La vis porte un repère articulé qui tourne avec elle sur un cercle divisé en 180 parties égales..... Une division cor-

(1) R. Benoît. — Étude sur l'appareil de M. Fizeau pour la mesure des dilatations (*Travaux et Mémoires du Bureau int. des Poids et Mesures*, t. I, 1re partie, p. 23 C).

(2) Cette échelle a été comparée plus tard (même recueil, t. II, 1re partie, p. 171 C) au mètre des Archives. La correction est négligeable.

respond à très peu près à 1″ et un tour entier à 3′. Le niveau sensible qu'on adjoint à l'appareil, quand on veut s'en servir comme sphéromètre, a été construit par la Société Génevoise... La division a 3^{mm} de longueur et équivaut à 1″224. »

En opérant sur une lame de quartz, je trouve dans 3 mesures faites à 17^{oC}

4 tours +	69,3 divisions
4	69,1
4	69,2

La moyenne $4^t + 69^d,2$ correspond à $1^{mm},3958$.

On voit donc, étant donnés les légers défauts de planité inévitables dans le travail des plaques, que l'exactitude de ces mesures est plus que suffisante (1).

38. — A. *Expériences eau-quartz.* — La lame de quartz qui m'a servi a une épaisseur de $1^{mm},3958$; elle est exactement parallèle à l'axe optique. Elle était maintenue verticalement dans une cuve remplie d'eau; c'est la cuve qui m'a servi de prisme dans mes expériences sur l'indice de l'eau. Les faces, un peu prismatiques, sont bien planes et permettent, avec une lame cristalline bien taillée, la production de franges très nettes. J'ai opéré avec une forte dispersion; je n'avais pas moins de cinq prismes de flint de 60°; en effet, les franges sont très serrées, la distance de deux franges étant exactement le double de celle des deux raies D.

Le thermomètre employé dans ces expériences a été le thermomètre Despretz (§ 7); le réservoir était placé tout

(1) Les épaisseurs indiquées dans une analyse sommaire de cette partie de mon travail (insérée aux *Comptes rendus* du 23 avril 1883) avaient été prises avec un sphéromètre ordinaire. Elles n'étaient pas très exactes, et j'ai dû reprendre les calculs.

contre le quartz et la tige protégée par un manchon où passait un courant continu de l'eau de la ville.

J'ai observé 180 passages de franges entre 50° et des températures voisines de 0°. Ces déterminations m'ont servi à construire la courbe qui donne la différence de température pour le passage d'une frange entre 50° et 9°, en fonction de la température moyenne du passage. L'échelle adoptée était $0^m,02$ par degré pour les abscisses et $0^m,20$ par degré pour les ordonnées. Sauf pour les points qui répondent aux températures les plus élevées, il n'y a nulle part d'incertitude sur le tracé de la courbe moyenne pouvant amener une erreur de $\frac{1}{100}$ de degré. On relève alors les valeurs des ordonnées pour des abscisses distantes de 1°. Le résultat de ce relèvement est donné ci-dessous :

x	y	x	y	x	y
50°	2°,783	36°	3°,127	22°	4°,432
49	2 ,787	35	3 ,184	21	4 ,587
48	2 ,793	34	3 ,246	20	4 ,764
47	2 ,801	33	3 ,313	19	4 ,971
46	2 ,810	32	3 ,385	18	5 ,217
45	2 ,826	31	3 ,463	17	5 ,492
44	2 ,843	30	3 ,547	16	5 ,811
43	2 ,864	29	3 ,637	15	6 ,178
42	2 ,889	28	3 ,733	14	6 ,596
41	2 ,917	27	3 ,834	13	7 ,071
40	2 ,949	26	3 ,941	12	7 ,621
39	2 ,986	25	4 ,053	11	8 ,271
38	3 ,028	24	4 ,171	10	9 ,106
37	3 ,075	23	4 ,295	9	10 ,306

39. — Pour le calcul de $\frac{d(S-L)}{dt}$ (§ 35), j'ai pris pour indice du quartz la valeur donnée par M. Mascart, à une température qui n'est pas indiquée, 1,54423, et pour indice de l'eau à 0°, le nombre déduit des expériences de M. Fouqué, 1,33421 ; on peut adopter $S_0 - L_0 = 0,210$; ce nombre étant multiplié par μ, l'exactitude est largement suffisante.

Pour calculer le terme en $\frac{\gamma y^2}{4}$, on forme les différences premières des valeurs de $\frac{\lambda}{ey} - (S_0 - L_0)\mu$ (§ 36) ; on voit que ces différences sont sensiblement une fonction linéaire de x. La valeur de γ est le sixième de la valeur constante de la différence seconde ; cette valeur, calculée par la méthode de Cauchy, au moyen des différences premières, est $-0,000000018$.

Le tableau suivant donne le calcul de $\frac{d(S-L)}{dt}$ au moyen de l'équation

$$\left[1 + \mu\left(x + \frac{y}{2}\right)\right]\frac{d(S-L)}{dt} + \gamma\frac{y^2}{4} = \frac{\lambda}{ey} - \mu(S_0 - L_0).$$

La colonne $\frac{dL}{dt}$ donne la dérivée de l'indice de l'eau par rapport à la température, en retranchant $\frac{d(S-L)}{dt}$ de $\frac{dS}{dt}$ qui, dans les limites des températures observées, vaut $-0,0000063$.

x	$(S_0-L_0)\mu$	$\frac{\lambda}{ey}-(S_0-L_0)\mu$	$\frac{\gamma y^2}{4}$	$\log\left[1+\mu\left(x+\frac{y}{2}\right)\right]$	$\frac{d(S-L)}{dt}$	$\frac{dL}{dt}$
50°	$10^{-8}.167$	$10^{-8}.15001$	$-10^{-8}.4$	0,0001780	0,0001500	— 0,0001563
49	167	14979	4	1740	1498	1561
48	167	14947	4	1701	1494	1557
47	166	14905	4	1662	1490	1553
46	166	14856	4	1623	1485	1548
45	166	14771	4	1586	1477	1540
44	165	14683	4	1548	1468	1531
43	165	14574	4	1510	1457	1520
42	164	14448	4	1472	1445	1508
41	164	14307	4	1437	1431	1494
40	164	14150	4	1402	1415	1478
39	163	13974	4	1366	1397	1460
38	163	13777	4	1330	1378	1441
37	163	13565	4	1294	1357	1420
36	162	13337	4	1258	1334	1397
35	162	13096	5	1223	1310	1373
34	162	12842	5	1189	1284	1347
33	161	12581	5	1153	1258	1321
32	161	12309	5	1119	1231	1294
31	160	12030	5	1084	1203	1266
30	160	11741	6	1051	1174	1237
29	160	11446	6	1017	1145	1208
28	159	11149	6	981	1115	1178
27	159	10851	7	950	1086	1149
26	159	10552	7	918	1056	1119
25	158	10257	7	882	1026	1089
24	158	9962	8	850	997	1060
23	158	9674	8	818	968	1031
22	157	9367	9	785	937	1000
21	157	9046	9	756	905	968
20	157	8704	10	724	871	934
19	156	8336	11	692	835	898
18	156	7935	12	660	795	858
17	155	7531	13	633	754	817
16	155	7109	15	604	712	775
15	155	6678	17	576	669	732
14	154	6246	19	550	626	689
13	154	5816	22	525	584	647
12	154	5385	26	502	541	604
11	153	4951	31	480	498	561
10	153	4483	37	460	452	515
9	153	3943	48	440	399	462

On voit par la comparaison aux tableaux précédents (§§ 32 et 33) que l'exactitude obtenue est tout à fait du même ordre. Les valeurs correspondant aux points extrêmes de la courbe sont probablement moins exactes que les autres, les extrémités d'une courbe limitée s'obtenant par une sorte d'extrapolation.

40. — B. *Expériences eau-crown.* — J'ai répété ces expériences avec une lame de crown (verre de Saint-Gobain). La lame qui m'a servi a une épaisseur de $1^{mm},2649$. J'ai cherché à en déterminer l'indice en formant avec deux lames semblables un compensateur Jamin, et en cherchant l'angle dont il faut faire tourner le système pour obtenir, avec les miroirs de M. Jamin, un déplacement d'une frange ; l'angle des lames entre elles étant déterminé au goniomètre, on peut de cette observation déduire l'indice. J'ai trouvé ainsi 1,520 pour la raie D. L'indice du verre de Saint-Gobain, mesuré par M. Baille, serait 1,528 (1) ; M. Fizeau (2) donne pour deux verres de la même origine 1,5033 et 1,528. Étant donné que le terme où entre l'indice est petit, on peut sans erreur sensible prendre pour différence à zéro des indices du crown et de l'eau $0,19 = 1,524 - 1,334$.

Quant au coefficient de dilatation, j'admets la valeur donnée par M. Fizeau dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes* :

$$\mu = 0,00000714 + 0,0000000158t.$$

Cette formule conduit, pour le coefficient moyen de dilatation entre 0° et 100°, à la valeur 0,00000793 ; Laplace et Lavoisier ont donné 0,00000891 ; Dulong, 0,00000861.

(1) *Annuaire du Bureau des longitudes.*
(2) *Ann. de Chimie et de Phys.*, 3e S., t. LXVI, pp. 448 et 451.

Dans les limites des expériences, entre 45° et 14°, le terme $(S_0 - L_0)\mu$ varie de $10^{-8}.149$ à $10^{-8}.140$.

J'ai obtenu la courbe en x et y au moyen de 189 passages de franges qui m'ont conduit aux valeurs suivantes :

x	y	x	y	x	y
45°	2°,916	34°	3°,430	23°	4°,530
44	2 ,952	33	3 ,500	22	4 ,681
43	2 ,990	32	3 ,577	21	4 ,850
42	3 ,029	31	3 ,666	20	5 ,032
41	3 ,069	30	3 ,753	19	5 ,247
40	3 ,110	29	3 ,847	18	5 ,477
39	3 ,155	28	3 ,945	17	5, 716
38	3 ,204	27	4 ,046	16	5 .964
37	3 ,255	26	4 ,152	15	6 ,230
36	3 ,307	25	4 ,270	14	6 ,545
35	3 ,366	24	4 ,395		

Le terme en $\frac{\gamma y^2}{4}$ est encore plus petit que dans les expériences *eau-quartz* ; il varie entre $-10^{-8}.2$ et $-10^{-8}.11$.

Je ne reproduirai pas ici le calcul ; je donnerai simplement la valeur de $\frac{d(S - L)}{dt}$, déduite des expériences, comparée à $\frac{dL}{dt}$ tirée des expériences *eau-quartz*. La somme de ces deux valeurs donnerait $\frac{dS}{dt}$, variation pour 1° de l'indice du crown.

x	$\frac{d(S-L)}{dt}$	$\frac{dL}{dt}$	$\frac{dS}{dt}$
45	+ 0,0001582	— 0,0001540	+ 10^{-7}.42
44	1563	1531	+ 32
43	1543	1520	+ 23
42	1523	1508	+ 15
41	1503	1494	+ 7
40	1483	1478	+ 5
39	1461	1460	+ 1
38	1439	1441	— 2
37	1416	1420	— 4
36	1394	1397	— 3
35	1369	1373	— 4
34	1343	1347	— 4
33	1316	1321	— 5
32	1288	1294	— 6
31	1256	1266	— 10
30	1227	1237	— 10
29	1197	1208	— 11
28	1166	1178	— 12
27	1137	1149	— 12
26	1108	1119	— 11
25	1077	1089	— 12
24	1046	1060	— 14
23	1014	1031	— 17
22	981	1000	— 19
21	947	968	— 21
20	912	934	— 22
19	874	898	— 24
18	837	858	— 21
17	802	817	— 15
16	768	775	— 7
15	735	752	+ 3
14	699	689	+ 10

41. — Il résulterait de ces expériences que l'indice de ce crown diminuerait légèrement quand la température augmente. Cette conclusion me paraît douteuse en présence des résultats contraires de M. Fizeau et de M. Baille.

M. Fizeau (1) trouve pour un premier crown que l'indice *augmente* de 0,00000162 par degré ; pour un second, de 0,00000065. Ces augmentations sont peut-être au-dessous de la vérité, le coefficient de Dulong que M. Fizeau admet dans ces premières recherches étant supérieur à celui qu'il a déduit plus tard de ses recherches sur la dilatation. M. Baille (2) trouve, en mesurant les indices du crown par la méthode du prisme à deux températures différentes, que la variation d'indice pour un degré est + 0,00000011. Mais, dans ces expériences, il reste indéterminé si c'est là la variation de l'indice par rapport à l'air froid ou à l'air chaud. Dans ce dernier cas, il faudrait ajouter le produit de la variation de l'indice de l'air par l'indice du crown, — 0,00000164, ce qui donnerait un nombre *négatif*, très voisin de celui que j'ai trouvé.

M. Stefan (3) donne pour la variation d'indice d'un crown dont l'indice pour la raie D est à 19°C 1,5297 la valeur + 0,0000023 ; ici encore se trouve l'incertitude relative à l'air, qui peut abaisser le nombre à + 0,00000066, résultat identique à un de ceux de M. Fizeau.

Enfin, van der Willigen (4) a donné pour trois crown des résultats notablement différents ; il indique :

Crown Merz n° III	+ 0,000005
Crown Merz n° IV	— 0,000004
Crown Steinheil n° III	— 0,000003

Il me semble que l'on peut conclure de ces résultats assez divergents que l'indice du crown, au moins pour la raie D, varie peu, et considérer dès lors les expériences

(1) H. Fizeau. — *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e S., t. LXVI, p. 429.

(2) J.-B. Baille.—Recherches sur les indices de réfraction (*thèse*). Paris, 1867.

(3) J. Stefan. — *Carl's Repertor*, t. VIII, p. 97 ; 1872.

(4) Van der Willigen. — Sur la réfraction du crown et du flint (*Arch. du Mus. Teyler*, vol. II, p. 183).

sur la différence d'indice *eau-crown* comme donnant, au signe près, la dérivée de l'indice de l'eau.

IVe PARTIE

COMPARAISON AUX RÉSULTATS ANTÉRIEURS.

42. — La détermination de la variation d'indice de l'eau avec la température a donné lieu à un certain nombre de travaux. Les recherches de M. Jamin et celles, beaucoup plus récentes, de MM. Lorentz et Pritz ont été faites à l'aide du réfractomètre interférentiel. Elles donnent la variation de l'indice relatif de l'eau chauffée et de l'air froid.

Les autres recherches, dont les principales sont celles de Dale et Gladstone, de Rühlmann, de M. Fouqué, ont été faites par la méthode du prisme. Pour tirer de ces expériences la dérivée de l'indice par rapport à la température, j'ai construit à grande échelle la courbe qui représente les expériences, et j'en ai déduit graphiquement les différences d'indice répondant à des variations de température de 1° ; ces différences servent à construire une seconde courbe, que l'on trace aussi régulièrement que possible, en s'imposant la condition que la somme des différences données par la courbe entre les températures extrêmes soit sensiblement égale à la somme des différences observées.

Soient alors Δ_{t+1}, Δ_t, Δ_{t-1} les nombres représentant la variation d'indice entre $t+2$ et $t+1$ degrés, $t+1$ et t, t et $t-1$. On peut toujours, pour un intervalle de quelques degrés, poser

$$n_t = a + bt + ct^2,$$

(1) $$\Delta_{t+1} = n_{t+2} - n_{t+1} = b + 2ct + 3c,$$

(2) $$\Delta_t = n_{t+1} - n_t = b + 2ct + c,$$

(3) $$\Delta_{t-1} = n_t - n_{t-1} = b + 2ct - c.$$

Comme on a, pour la température t,

$$\frac{dn}{dt} = b + 2ct, \tag{4}$$

on tire de (1), (2) et (4)

$$2\frac{dn}{dt} = 3\Delta_t - \Delta_{t+1},$$

et de (2), (3) et (4)

$$2\frac{dn}{dt} = \Delta_t + \Delta_{t-1},$$

ou

$$\frac{dn}{dt} = \Delta_t + \frac{\Delta_t - \Delta_{t+1}}{2}. \tag{5}$$

$$\frac{dn}{dt} = \Delta_t + \frac{\Delta_{t-1} - \Delta_t}{2}. \tag{6}$$

Ces deux expressions, qui seraient identiques si l'on avait exactement

$$n = a + bt + ct^2,$$

ne le sont pas complètement. On prend la moyenne des expressions (5) et (6).

$$\frac{dn}{dt} = \Delta_t + \frac{\Delta_{t-1} - \Delta_{t+1}}{4}. \tag{7}$$

On peut ainsi, à l'aide des différences relevées sur la première courbe et rectifiées par la seconde, calculer $\frac{dn}{dt}$ pour chaque degré thermométrique.

Quand, d'après la disposition de l'étuve, les expériences donnent la variation de l'indice de l'eau par rapport à l'air chaud, il faudra ajouter aux valeurs de $\frac{dn}{dt}$ ainsi déterminées le produit de l'indice de l'eau par la variation de l'indice de l'air (§ 2). Cette correction vaut :

— 0,0000014	de 0° à 13°
— 0,0000013	de 14° à 32°
— 0,0000012	de 33° à 52°

43. — J'ajouterai quelques mots sur chacune des séries d'expériences que j'ai comparées.

1° *Jamin* (1). — M. Jamin a étudié les variations d'indice de l'eau entre 0° et 30°. Il donne pour représenter ses expériences une formule linéaire

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}000012573 - 0{,}000003858t.$$

Bien qu'il ne me semble pas qu'on puisse admettre une forme fonctionnelle aussi simple, les résultats, comme on le verra plus loin, coïncident d'une façon remarquable avec la moyenne des expériences.

2° *Dale et Gladstone* (2). — Leurs expériences ont été faites par la méthode du prisme ; les indices sont donnés avec quatre décimales pour des températures équidistantes de cinq en cinq degrés. Les nombres donnés par MM. Dale et Gladstone sont plus faibles que ceux des autres expérimentateurs ; mais l'erreur systématique qui semble affecter les mesures n'intervient que dans une proportion bien moindre dans la détermination de $\frac{dn}{dt}$. J'ai fait subir à ces mesures la correction de l'air chaud.

3° *Schmidt* (3). — En étudiant les dissolutions de sel marin et de salpêtre, M. Schmidt donne les indices de l'eau entre 0°,9 et 23°,1. Les nombres sont exceptionnellement élevés et paraissent peu exacts.

4° *Müttrich* (4). — Par une méthode très indirecte fondée sur la mesure de l'angle des axes optiques de l'aragonite dans l'air et dans l'eau, M. Müttrich trouve des valeurs de

(1) Jamin. — Sur la vitesse de la lumière dans l'eau à diverses températures (*Comptes rendus*, t. XLIII, 1856, p. 1191 à 1194).

(2) Dale et Gladstone. — *Philos. Transact.* for 1858, p. 887.

(3) Schmidt. — *Pogg. Annal.*, t. CVII, p. 539 ; 1859.

(4) Müttrich. — *Pogg. Ann.*, t. CXXI, p. 398-431 ; 1864.

l'indice encore plus élevées que celles de M. Schmidt et certainement inacceptables. Il représente ses expériences par une formule parabolique à deux termes et par conséquent $\frac{dn}{dt}$ par une fonction linéaire de la température. Les valeurs de $\frac{dn}{dt}$, qu'on déduit graphiquement des mesures d'indice, sont d'accord avec la moyenne.

5° *Fouqué* (1). — A la fin de son mémoire, M. Fouqué transcrit un grand nombre de mesures relatives à l'indice de l'eau distillée à différentes températures. J'ai calculé les indices au moyen des valeurs données pour l'angle du prisme et la déviation, avec cinq décimales, et construit trois courbes répondant à trois séries d'expériences faites à des époques différentes. Ces courbes sont beaucoup plus régulières que ne le serait une courbe unique, et les valeurs de $\frac{dn}{dt}$ qu'on en déduit sont très concordantes. Ceci tient à ce que par ce mode de calcul on diminue l'influence des erreurs systématiques, qui affectent l'indice, mais peu sa variation. Ici, comme dans les expériences de Dale et Gladstone, il m'a semblé nécessaire de faire la correction de l'air chaud.

6° *Rühlmann* (2). — Des mesures nombreuses et soignées ont été faites par la méthode du prisme entre 0 et 100°. Le prisme-étuve était disposé de telle sorte que la masse d'air échauffé formait une lame parallèle aux faces du prisme.

(1) Fouqué. — Mémoire sur les relations qui existent entre le pouvoir réfringent, la densité et le titre des dissolutions salines (*Annales de l'Observatoire de Paris*, t. IX ; 1867).

(2) Rühlmann. — Untersuchung über die Aenderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im Wasser durch die Wärme (*Pogg. Ann.*, t. CXXXII, p. 1-29 et 177-203 ; 1867).

Les expériences donnent donc sans correction $\frac{dn}{dt}$. Je me suis contenté de déterminer, comme je l'ai indiqué plus haut, la dérivée par rapport à t de l'indice pour la raie D entre 0° et 50°. Les résultats que je transcris plus bas sont assez différents de ceux qu'on obtiendrait par la différentiation de la formule empirique admise par l'auteur, pour représenter ses expériences entre 0 et 100°. Ceci n'a rien d'étonnant, la forme fonctionnelle vraie qui représente l'indice étant inconnue.

7° *Baille* (1). — M. Baille donne quelques nombres relatifs à la variation d'indice de l'eau entre 0 et 15°,25, obtenus par la méthode du prisme. Les nombres cités sont trop peu nombreux pour qu'on puisse compter beaucoup sur le résultat, au point de vue de la variation de l'indice.

8° *Van der Willigen* (2). — Dans le cours de ses recherches sur l'indice de l'eau, van der Willigen l'a mesuré à des températures variant entre 16° et 33°, toujours à la température ambiante. Malgré leur petit nombre, ces mesures sont assez précises pour donner des résultats exacts, sauf pour les températures basses, ce qui s'explique par l'incertitude qui règne sur la forme d'une courbe près de ses extrémités.

9° *Lorentz et Prytz* (3).— Ces recherches, faites à l'aide du réfractomètre interférentiel de M. Jamin, avaient pour but de vérifier la formule que M. Lorentz voudrait substituer à la formule de Gladstone. Elles ont conduit les auteurs à la formule

$$\frac{dn}{dt} = 10^{-6}(0{,}076 - 5{,}606t + 0{,}06403t^2).$$

(1) Baille. — Recherches sur les variations de la dispersion des liquides sous l'influence de la chaleur (*Comptes rendus*, LXIV, p. 1029; 1867).

(2) Van der Willigen. — *Arch. du musée Teyler*, vol. II, p. 201.

(3) Lorentz. — Ueber die Refractionsconstante (*Wied. Ann.*, N. F., t. XI,

10° *Damien* (1). — M. Damien a le premier constaté directement avec un prisme contenant de l'eau surfondue que l'indice de l'eau, qui augmente d'une manière continue jusqu'à 0°, continue à augmenter quand l'eau se refroidit au-dessous. Les expériences faites sur les trois raies de l'hydrogène permettent facilement de déduire par interpolation les résultats relatifs à la raie D. On trouve à partir de 0° une variation notablement plus rapide que dans les expériences analogues.

Je rappellerai simplement pour mémoire les observations de M. Wüllner, qui n'a observé la variation d'indice de l'eau que dans des limites de température trop peu étendues, et donne une formule d'où l'on déduit

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}000099,$$

valeur qui convient à la température de 20 à 25°.

44. — Le tableau suivant contient les valeurs tirées des diverses mesures que je viens de citer, excepté celles de Schmidt et celles de M. Baille, que je n'ai pas cru nécessaire de rapporter. Il contient de plus les nombres tirés des quatre séries d'expériences distinctes que j'ai faites, ainsi que leurs moyennes. Ces moyennes ont servi à calculer, par la méthode de Cauchy, une courbe du troisième degré qui les représente parfaitement, comme le montre la dernière colonne du tableau. Pour ce calcul les moyennes ont été affectées d'un *poids* proportionnel au nombre de mesures qui les avaient fournies.

L'équation qui donne $\frac{dn}{dt}$ est

$$\frac{dn}{dt} = -10^{-7}.(125{,}46 + 41{,}285t - 0{,}01304t^2 - 0{,}00460t^3).$$

p. 70, 1880); et Prytz.— Experimentelle Untersuchungen über die Refractionsconstante (*Wied. Ann*, N. F., t. XI, p. 104; 1880).

(1) Damien. — Recherches sur le pouvoir réfringent des liquides (*Annales scientif. de l'École norm. sup.*, 2e S., t. X, p. 223; 1881).

t	Jamin	Dale et Gladstone	Müttrich	Fouqué	Rühlmann	Van der Willigen	Lorentz et Prytz
	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.
50	»	1682	1710	1704	1572	»	»
49	»	1665	»	1684	1562	»	»
48	»	1646	»	1664	1552	»	»
47	»	1628	»	1644	1541	»	»
46	»	1609	»	1625	1530	»	»
45	»	1589	1580	1607	1518	»	»
44	»	1569	»	1588	1505	»	»
43	»	1549	»	1570	1490	»	»
42	»	1529	»	1549	1472	»	»
41	»	1507	»	1528	1454	»	»
40	»	1484	1460	1507	1437	»	»
39	»	1461	»	1487	1418	»	»
38	»	1434	»	1466	1399	»	»
37	»	1408	»	1445	1380	»	»
36	»	1382	»	1424	1360	»	»
35	»	1358	1350	1404	1340	»	»
34	»	1333	»	1384	1320	»	»
33	»	1305	»	1357	1300	1326	»
32	»	1280	»	1329	1275	1301	»
31	»	1255	»	1299	1249	1274	»
30	1283	1231	1220	1268	1220	1243	1105
29	1244	1204	»	1236	1190	1210	1087
28	1206	1177	»	1202	1153	1173	1067
27	1167	1149	»	1165	1115	1135	1045
26	1129	1120	»	1126	1078	1096	1024
25	1090	1089	1080	1092	1039	1056	1001
24	1052	1058	»	1059	1000	1019	976
23	1013	1026	»	1026	960	980	950
22	975	993	»	992	920	943	923
21	936	959	»	957	880	901	894
20	897	923	890	920	840	853	864
19	859	887	»	883	800	797	833
18	820	850	»	843	760	730	801
17	.782	811	»	801	720	654	767
16	743	777	»	757	680	»	732
15	704	739	670	712	640	»	696
14	666	704	»	668	600	»	659
13	627	667	»	627	560	»	620
12	589	631	»	585	520	»	580
11	550	594	»	545	480	»	538
10	512	555	»	508	440	»	496
9	473	514	»	470	400	»	452
8	434	473	»	432	357	»	407
7	396	431	»	393	315	»	360
6	357	388	»	352	273	»	313
5	319	345	»	312	228	»	264
4	280	295	»	272	182	»	213
3	241	244	»	230	140	»	162
2	203	192	»	188	100	»	109
1	164	141	»	144	58	»	55
0	126	89	»	100	15	»	0

Damien	Dufet				Moyenne	Calcul	Diff.
	Pr. de 90°	Pr. de 45°	E. et Quartz	E. et Crown			O — C
-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	-10^{-7}.	10^{-7}.
»	»	1591	1563	»	1577	1582	— 5
»	»	1578	1561	»	»	1576	
»	»	1565	1557	»	1561	1568	— 7
»	»	1552	1553	»	»	1559	
»	»	1538	1548	»	1543	1549	— 6
»	1535	1523	1540	1582	»	1538	
»	1518	1508	1531	1563	1530	1525	+ 5
»	1501	1490	1520	1543	»	1511	
»	1483	1472	1508	1523	1496.5	1496	+ 0.5
»	1465	1457	1494	1503	»	1479	
»	1448	1441	1478	1483	1462.5	1462	+ 0.5
»	1429	1421	1460	1461	»	1443	
»	1410	1406	1441	1439	1424	1423	+ 1
»	1389	1389	1420	1416	»	1402	
»	1367	1369	1397	1394	1382	1380	+ 2
»	1345	1347	1373	1369	»	1357	
»	1324	1322	1347	1343	1334	1333	+ 1
»	1302	1300	1321	1316	»	1308	
»	1280	1271	1294	1288	1283	1282	+ 1
»	1255	1242	1266	1256	»	1256	
»	1229	1211	1237	1227	1226	1228	— 2
»	1203	1180	1208	1197	»	1200	
»	1176	1148	1178	1166	1167	1170	— 3
»	1149	1118	1149	1137	»	1140	
»	1121	1086	1119	1108	1108.5	1109	— 0.5
»	1092	1053	1089	1077	»	1078	
»	1061	1020	1060	1046	1047	1045	+ 2
»	1027	985	1031	1014	»	1012	
»	992	951	1000	981	981	978	+ 3
»	954	918	968	947	»	944	
1100	914	885	934	912	910	909	+ 1
»	872	847	898	874	»	874	
»	827	813	858	837	834	838	— 4
»	»	»	817	802	»	801	
»	»	»	775	768	771.5	764	+ 7.5
854	»	»	732	735	»	726	
»	»	»	689	699	694	688	+ 6
»	»	»	647	»	»	650	
»	»	»	604	»	604	611	— 7
»	»	»	561	»	»	572	
602	»	»	515	»	515	532	— 17
557	»	»	462	»	»	493	
508	»	»	»	»	»	453	
460	»	»	»	»	»	412	
409	»	»	»	»	»	372	
359	»	»	»	»	»	331	
302	»	»	»	»	»	290	
248	»	»	»	»	»	249	
199	»	»	»	»	»	208	
160	»	»	»	»	»	167	
110	»	»	»	»	»	125	

45. — On voit, par le tableau précédent, que mes expériences sont, d'une manière générale, d'accord avec celles de Dale et Gladstone. Aux températures basses, jusque vers 30° environ, il y a un accord remarquable avec les expériences de M. Jamin et celles de M. Fouqué. Les nombres de Lorentz et Prytz sont très voisins des précédents. Ceux de Rühlmann sont plus faibles.

Au contraire, au-dessus de 30° je me retrouve d'accord avec les nombres de Rühlmann. Ceux de M. Fouqué sont plus élevés. La raison de ce désaccord se voit bien en construisant jusqu'à 100° les courbes qui représentent les expériences de M. Fouqué et celles de M. Rühlmann. La dernière est quelque peu irrégulière aux températures basses ; à partir de 40° environ, la courbe affecte une forme presque rectiligne, ce qui conduit à des valeurs presque constantes pour $\frac{dn}{dt}$. Dans les expériences de M. Fouqué, la courbe présente vers 70° une légère concavité en sens inverse de la courbure générale, de sorte que $\frac{dn}{dt}$ passerait par un maximum en valeur absolue.

46. — De la valeur que j'ai tirée de mes expériences pour $\frac{dn}{dt}$, on tire en intégrant

$$n = n_0 - 10^{-7}(125{,}5t + 20{,}642t^2 - 0{,}00435t^3 - 0{,}00115t^4).$$

Je détermine la constante n_0 par la condition que l'indice à 20° soit égal à 1,33292 (§ 27). On trouve ainsi pour l'indice à différentes températures :

t	n
50°	1.32896
45	1.32974
40	1.33049
35	1.33120

t	n
30°	1.33185
25	1.33242
20	1.33292
15	1.33333
10	1.33364
5	1.33386
0	1.33397

Ces valeurs s'accordent bien avec les mesures directes ; on a :

$n_{20} - n_{50}$	
0,00396	Calcul.
0,00396	Rühlmann.
0,00391	Fouqué.
0,00400	Dale et Gladstone.
$n_{10} - n_{30}$	
0,00179	Calcul.
0,00179	Jamin.
0,00169	Lorentz et Prytz.

47. — Il m'a paru intéressant de comparer aux valeurs de $\frac{dn}{dt}$, trouvées par l'expérience, celles qu'on peut déduire des diverses formules qui établissent une relation entre l'indice et la densité. Ces formules sont : 1° la formule déduite de la théorie de l'émission

$$\frac{n^2 - 1}{D} = \frac{n_0^2 - 1}{D_0},$$

d'où l'on tire, en différentiant par rapport à t,

$$(1) \qquad \frac{dn}{dt} = \frac{n_0^2 - 1}{2\sqrt{(n_0^2 - 1)\frac{D}{D_0} + 1}} \cdot \frac{1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt};$$

2° La formule de Gladstone

$$\frac{n - 1}{D} = \frac{n_0 - 1}{D_0},$$

d'où

$$(2) \qquad \frac{dn}{dt} = (n_0 - 1) \cdot \frac{1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt};$$

3° La formule proposée par M. Lorentz (1)

$$\frac{n^2 - 1}{(n^2 + 2)D} = \frac{n_0^2 - 1}{(n_0^2 + 2)D_0}.$$

En posant $\frac{n_0^2 - 1}{n_0^2 + 2} = A$, on tire de cette formule

$$(3) \qquad \frac{dn}{dt} = \frac{3}{2} \frac{A}{\left(1 - A\frac{D}{D_0}\right)^{\frac{3}{2}} \left(1 + 2A\frac{D}{D_0}\right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt}.$$

Afin de calculer $\frac{dn}{dt}$ au moyen de ces formules, j'ai pris pour la densité de l'eau les nombres donnés comme représentant la moyenne des expériences faites jusqu'à présent par M. Rossetti (2) ; j'en ai déduit les valeurs de $\frac{1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt}$. Le tableau suivant donne le résultat du calcul. La figure 6 représente graphiquement les résultats :

t	$\frac{D}{D_0}$	$\frac{1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt}$	$\frac{dn}{dt}$			
			Observé.	Form. (1)	Form. (2)	Form. (3)
0	1,00000	+0,0000660	−0,0000125	+0,0000193	+0,0000220	+0,0000243
4	1,00013	0	−0,0000290	0	0	0
10	0,99988	−0,0000840	−0,0000532	−0,0000245	−0,0000281	−0,0000309
15	0,99929	−0,0001490	−0,0000726	−0,0000435	−0,0000498	−0,0000548
20	0,99839	−0,0002050	−0,0000909	−0,0000599	−0,0000685	−0,0000754
25	0,99725	−0,0002515	−0,0001078	−0,0000735	−0,0000840	−0,0000925
30	0,99589	−0,0002950	−0,0001228	−0,0000863	−0,0000985	−0,0001085
35	0,99431	−0,0003400	−0,0001357	−0,0000995	−0,0001135	−0,0001250
40	0,99248	−0,0003815	−0,0001462	−0,0001116	−0,0001274	−0,0001402
45	0,99050	−0,0004165	−0,0001538	−0,0001219	−0,0001391	−0,0001529
50	0,98833	−0,0004505	−0,0001582	−0,0001320	−0,0001501	−0,0001653

(1) Lorentz. — Ueber die Beziehung zwischen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und der Körperdichte (*Wied. Ann. N. F.* Bd IX, 1880).

(2) Rossetti. — Sur le maximum de densité de l'eau distillée, etc. (2e mé-

En dehors de ce fait que les trois formules conduiraient à un maximum de l'indice pour 4°, fait que toutes les expé-

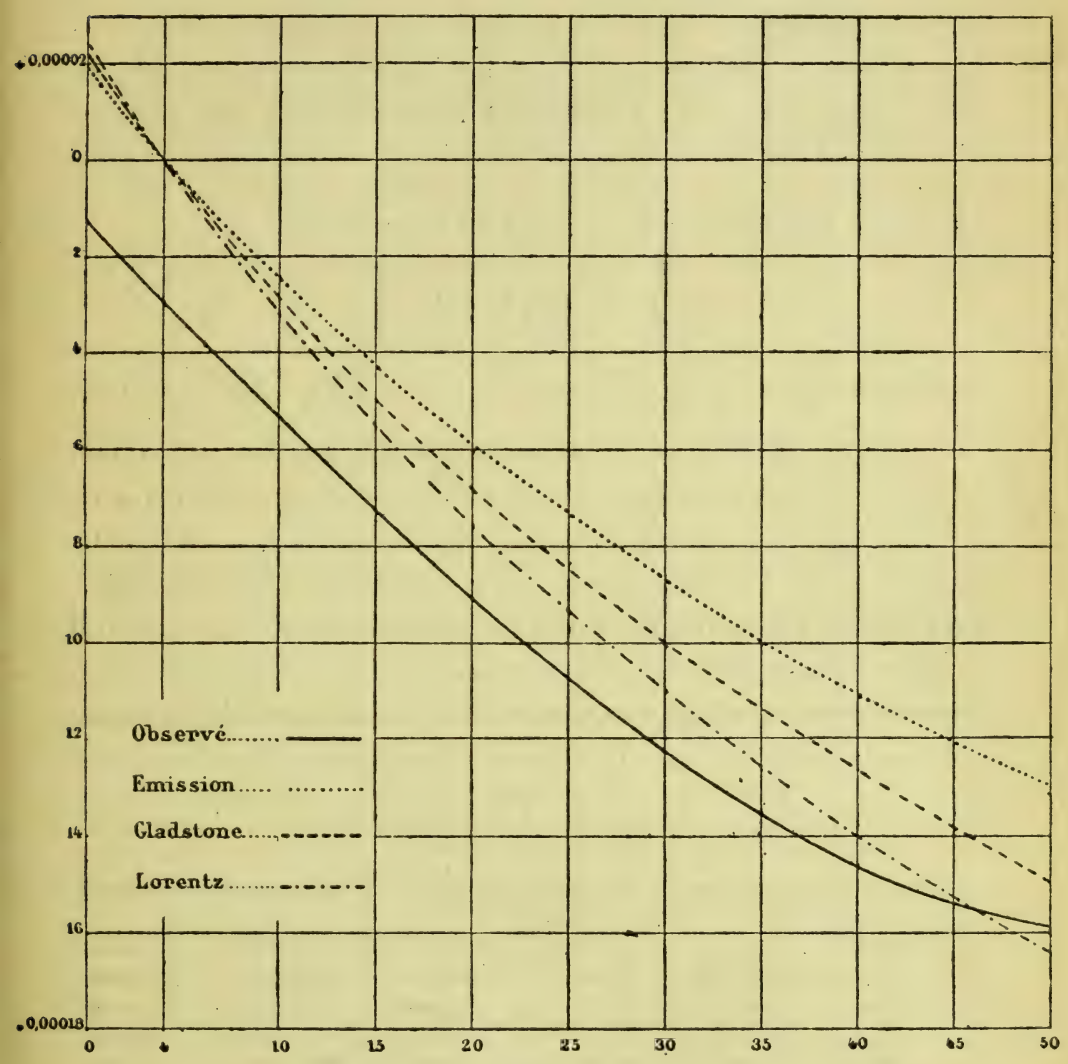


Fig. 6

riences s'accordent à démontrer inexact, on voit qu'elles

moire) (*Atti dell' Instituto Veneto*, 3e S., t. XIII et *Ann. de Chimie et de Phys.*, 4e S., t. XVII, 1868, extrait).

représentent le phénomène avec une exactitude assez différente. La courbe tirée de la formule de Lorentz se rapproche le plus de la courbe expérimentale ; elle la coupe à 50° et au-dessus conduirait à des variations de l'indice certainement trop grandes. La courbe déduite de la formule de Gladstone présente ce caractère remarquable que jusqu'à 40° elle est très sensiblement parallèle à la courbe expérimentale. Par suite, $\frac{dn}{dt}$ pourrait se représenter par

$$\frac{dn}{dt} = \frac{n_0 - 1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt} + k$$

et l'indice par

$$n - 1 = \frac{n_0 - 1}{D_0} \cdot D + kt.$$

C'est un résultat annoncé par M. Damien (1) ; malheureusement cette formule entre trois variables indépendantes ne présente pas jusqu'à présent de sens théorique.

On ne gagnerait rien à remplacer dans les formules précédentes n par l'indice d'une radiation moins réfrangible, ou par la constante de la formule de Cauchy. Les formules dérivées donneraient alors $\frac{dA}{dt}$. Mais les expériences directes montrent que la dispersion de l'eau varie très peu par la chaleur. C'est la conclusion formelle de M. Jamin et de MM. Dale et Gladstone, et c'est également à cette conclusion qu'on est conduit par l'étude des expériences de Rühlmann et de M. Fouqué.

(1) Damien. — Recherches sur le pouvoir réfringent des liquides (*Ann. sc. de l'École normale sup.*, 2e S., t. X, p. 256, 1881).

CHAPITRE IV

VARIATION D'INDICE DE LA FLUORINE ET DU BÉRYL.

I. — FLUORINE.

48. — La méthode employée pour trouver la variation par la chaleur de la différence des indices de l'eau et du quartz peut servir, en regardant la variation de l'indice de l'eau comme connue, à trouver la variation d'indice d'un corps solide. J'ai appliqué sans modification la méthode exposée plus haut (§ 35).

La plaque de fluorine que j'ai employée a une épaisseur de $2^{mm},9717$. J'ai pris comme coefficient de dilatation le nombre donné par M. Fizeau dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*. En appelant μ le coefficient vrai de dilatation à t^0, on a :

$$\mu = 0,00001796 + 0,0000000288t.$$

Quant à l'indice, nous nous trouvons en présence d'un certain nombre de déterminations.

1.435	(Des Cloizeaux—Fizeau) (1).
1.43327	(Baille [$t = 14^o$]) (2).
1.43390	(Stefan [$t = 21^o$]) (3).
1.433937	(Sarasin) (4).

(1) Fizeau. — *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e S., t. LXVI, p. 455.

(2) Baille. — Recherches sur les indices de réfraction (*thèse*), Paris, 1867.

(3) Stefan. — *Wien. Ber. (2)*, LXIII, p. 223 à 245, et *Carl's Rep.*, VIII p. 97.

(4) Ed. Sarasin. — *Comptes rendus*, t. XCVII, p. 850, 1883.

En tenant compte de la diminution d'indice sous l'influence de la température, le nombre qu'on déduit de là pour 0° est très voisin de 1,434 ; il est très suffisant de prendre pour $S_0 - L_0$ 1,434 — 1,334 ou 0,100, ce nombre devant être multiplié par μ.

Les expériences ont été faites comme pour le quartz ; le thermomètre employé, dont la tige était protégée par un manchon rempli d'eau courante, était le thermomètre n° 36549 (§ 9).

J'ai trouvé ainsi pour la différence de température y, qui produit le passage d'une frange à la température moyenne x, les valeurs suivantes :

x	y	x	y	x	y
37°	1°,508	30	1°,787	23°	2°,212
36	1 ,547	29	1 ,830	22	2 ,317
35	1 ,586	28	1 ,874	21	2 ,430
34	1 ,625	27	1 ,920	20	2 .547
33	1 ,665	26	1 ,975	19	2 ,670
32	1 ,705	25	2 ,041	18	2 ,799
31	1 ,745	24	2 ,119	17	2 ,939

De ces mesures, je tire la dérivée par rapport à la température de la différence des indices de la fluorine et de l'eau, au moyen de la formule (§ 35)

$$\left[1 + \mu\left(x + \frac{y}{2}\right)\right]\frac{d(S - L)}{dt} + \frac{\gamma y^2}{4} = \frac{\lambda}{ey} - \mu(S_0 - L_0).$$

La valeur absolue de $\frac{d(S - L)}{dt}$ est moindre que la dérivée de l'indice de l'eau, ce qui montre que l'indice de la fluorine diminue par un accroissement de température. Le tableau suivant donne la dérivée de la différence d'indice de la

fluorine et de l'eau (I), la dérivée de l'indice de l'eau (II) et la différence entre les nombres de ces deux colonnes (III) :

t	$\frac{d(S-L)}{dt}$	II $\frac{dL}{dt}$	III $\frac{dS}{dt}$
37°	$+(10^{-7}).1295$	$-(10^{-7}).1402$	$-(10^{-7}).107$
36	1261	1380	119
35	1230	1357	127
34	1200	1333	133
33	1171	1308	137
32	1143	1282	139
31	1117	1256	139
30	1090	1228	138
29	1064	1200	136
28	1039	1170	131
27	1014	1140	126
26	985	1109	124
25	953	1078	125
24	917	1045	128
23	877	1012	135
22	836	978	142
21	797	944	147
20	759	909	150
19	724	874	150
18	690	838	148
17	656	801	145

Les nombres de la colonne III, entachés des erreurs inévitables d'expérience, surtout pour les températures extrêmes, ne montrent pas d'accroissement sensible ni de diminution de la dérivée de l'indice de la fluorine avec la température. On doit donc admettre que dans les limites de température où j'ai fait mes expériences, la dérivée de l'indice a la valeur moyenne —0,0000134.

On aurait donc

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}0000134,$$

$$n = n_0 - 0{,}0000134t,$$

49. — L'indice de la fluorine a déjà été étudié, au point de vue de sa variation par la chaleur, par M. Fizeau, M. Baille et M. Stefan.

M. Fizeau (1) donne un nombre presque identique avec celui que j'indique —0,0000136. Dans ce mémoire de 1862, il a pris comme coefficient de dilatation du spath-fluor le nombre donné par M. H. Kopp, 0,0000207; d'après les résultats de M. Fizeau, consignés dans l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, le coefficient de dilatation serait plus petit et n'aurait à la température moyenne des expériences que la valeur 0,00001894. En admettant cette valeur, les expériences de M. Fizeau conduiraient pour la dérivée de l'indice entre 12 et 55° au nombre assez différent

$$\frac{dn}{dt} = -0,0000111.$$

M. Baille (2) indique, pour la diminution d'indice du spath-fluor pour 1°, 0,0000120. Ce nombre, obtenu en mesurant l'indice à 14° et à 99°, doit être trop faible, à cause de la variation d'indice de l'air. Il reste, en effet, mal déterminé, comme j'en ai déjà fait la remarque (§ 2), si cette variation s'applique à l'indice par rapport à l'air froid ou par l'indice par rapport à l'air chaud. Dans ce dernier cas, qui semble le plus probable, la dérivée de l'indice serait précisément —0,0000134, puisqu'il faudrait ajouter au nombre observé le produit de la dérivée de l'indice de l'air par l'indice de la fluorine, c'est-à-dire —0,0000014.

La même remarque s'applique aux résultats de M. Stefan, qui donne pour variation de l'indice pour 1°, —0,0000124; ce nombre, avec la correction de l'indice de l'air, pourrait atteindre —0,0000139.

(1) Fizeau. — *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e S., t. LXVI, p. 455, 1862.
(2) Baille. — Loc. cit., p. 75.

Le résultat auquel je suis parvenu est donc bien d'accord avec les expériences antérieures. Peut-être pourrait-on conclure des résultats de M. Fizeau que le coefficient de dilatation qu'il donne pour la fluorine est un peu faible. Dans sa méthode, l'erreur sur la variation d'indice résultant d'une erreur sur le coefficient de dilatation est égale à cette dernière multipliée par l'indice 1,43 (§ 5), tandis que dans celle que j'emploie, elle ne serait multipliée que par la différence 0,1 des indices de la fluorine et de l'eau.

II. — BÉRYL.

50. — L'étude du béryl m'était indiquée par ce fait que M. R. Benoît en a déterminé les coefficients de dilatation, qu'il a bien voulu me communiquer. D'après ses recherches encore inédites, les coefficients vrais de dilatation sont :

1° Dans la direction perpendiculaire à l'axe,

$$\mu_1 = 0{,}0000009937 + 0{,}000000009316t,$$

2° Dans la direction parallèle à l'axe

$$\mu_2 = -0{,}0000013409 + 0{,}00000000806t.$$

Ces nombres sont d'ailleurs peu différents de ceux de M. Fizeau :

$$\mu_1 = 0{,}000000838 + 0{,}0000000133t,$$
$$\mu_2 = 0{,}000001516 + 0{,}0000000114t.$$

51. — En présence des nombres assez divergents donnés pour l'indice du béryl, divergence qui s'explique d'ailleurs

par les irrégularités de structure de la substance, j'ai déterminé l'indice du béryl sur un prisme pris dans le même cristal. Le béryl que j'ai étudié est d'un jaune verdâtre très pâle, très pur et exempt de glaces dans la plus grande partie de sa masse. En lumière convergente, il montre les anneaux et la croix non disloquée; il n'était pas sans importance de constater ce fait, les observations de M. Mallard (1) tendant à faire considérer l'émeraude comme formée par des croisements de lames rhombiques de 120°; ces croisements, étant suffisamment répétés, donneraient au système l'apparence de la symétrie hexagonale, et, comme dans les piles de micas croisés de Reusch, lui feraient présenter les caractères optiques propres à ce degré de symétrie.

Le prisme qui m'a servi à déterminer les indices a l'arête réfringente exactement parallèle à l'axe; il donne donc les deux indices par déviation minima.

Le résultat moyen des expériences est :

Angle réfringent (21 lectures)	70° 23′ 33″
	Déviations minima.
	—
Raie du lithium (ind. ordinaire)	61° 48′ 27″
— (— extraordinaire)	60° 39′ 45″
Raie du sodium (ind. ordinaire)	62° 19′ 27″
— (— extraordinaire)	61° 8′ 45″
Raie du thallium (ind. ordinaire)	62° 46′ 47″
— (— extraordinaire)	61° 35′ 15″

On en tire pour les indices :

	Indice ordinaire.	Indice extraordinaire.
	—	—
Lithium	1,58620	1,57910
Sodium (D)	1,58935	1,58211
Thallium	1,59210	1,58485

(1) E. Mallard. — *Annales des Mines*, 7e S., t. X, 1876.

Ces indices sont notablement plus élevés que ceux des émeraudes étudiées jusqu'à présent (1).

52. — La plaque de béryl qui m'a servi a une épaisseur de $1^{mm},478$; elle est exactement parallèle à l'axe optique, de forme rectangulaire, et un de ses côtés est parallèle à l'axe.

Les expériences faites sur les deux indices conduisent à des résultats trop voisins pour qu'il soit possible d'en déduire avec quelque certitude la variation de la double réfraction. Tout ce qu'on peut dire, c'est que les expériences montrent nettement que les deux indices *augmentent* avec la température et que la variation est plus considérable pour l'indice ordinaire ; il en résulterait donc que la double réfraction augmente quand la température s'élève. Si le sens de la variation n'est pas douteux, sa valeur reste indécise ; il m'a paru préférable dans ces conditions de procéder à la mesure directe de la variation de double réfraction, et de m'en servir ensuite pour utiliser toutes les mesures en vue de la détermination de la variation d'un des deux indices.

Une plaque épaisse de béryl, taillée parallèlement à l'axe optique et ayant une épaisseur de $8^{mm},729$ sert à la production des franges de Fizeau et Foucault. On mesure leur déplacement par un changement de température, exactement comme je l'ai fait pour le quartz (§§ 12 et suivants). Ici on trouve que le retard croît avec la température ; j'ai obtenu

Temp. moy.	Var. de temp.	Franges déplacées.
$34^{o},8$	$52^{o},27$	$0^{fr},644$
$79^{o},8$	$37^{o},80$	$0^{fr},403$

(1) Voir Des Cloizeaux. — *Manuel de minéralogie*, p. 366, Ier vol.

En appelant p le nombre de franges qui passent pour un intervalle de température Δt et μ le coefficient de dilatation du béryl pour la température moyenne, on a la formule

$$\frac{d(O-E)}{dt} = \frac{p\lambda}{e\Delta t} - \mu(O-E);$$

d'où l'on tire

Temp. moy.	$\frac{d(O-E)}{dt}$
34°,8	0,000 000 8221
79°,8	0,000 000 7069

Ceci donnera la formule

$$\frac{d(O-E)}{dt} = 0,000\,000\,91 - 0,000\,000\,0026t.$$

53.— Les résultats des expériences faites par la méthode des franges de Talbot sur les deux indices sont reliés aux dérivées des indices du béryl et de l'indice de l'eau par les formules (§ 35)

$$\left[1+\mu\left(x+\frac{y}{2}\right)\right]\frac{d(O-L)}{dt} + \frac{\gamma y^2}{4} = \frac{\lambda}{ey} - \mu(O_0 - L_0),$$

$$\left[1+\mu\left(x+\frac{y'}{2}\right)\right]\frac{d(E-L)}{dt} + \frac{\gamma' y'^2}{4} = \frac{\lambda}{ey'} - \mu(E_0 - L_0).$$

On en tire avec une exactitude très suffisante

$$\frac{d(O-E)}{dt} = \frac{\lambda}{e}\left(\frac{1}{y} - \frac{1}{y'}\right) - \mu(O_0 - E_0).$$

Cette formule permettra, pour une valeur donnée de y', de calculer y pour la même température, c'est-à-dire de sub-

stituer à la valeur observée de y', relative à l'indice extraordinaire, la valeur qu'on aurait obtenue pour l'indice ordinaire à la même température moyenne. Toutes les observations concourent à la détermination de la variation de l'indice ordinaire. J'ai utilisé ainsi 57 observations de passage d'une frange pour l'indice ordinaire et 79 pour l'indice extraordinaire. Les températures ont été mesurées au moyen du thermomètre 36549, muni d'un manchon.

J'ai obtenu pour la courbe des passages les valeurs suivantes :

x	y	x	y	x	y
48°	2°,105	37°	2°,515	26°	3°,266
47	2 ,131	36	2 ,568	25	3 ,362
46	2 ,159	35	2 ,624	24	3 ,466
45	2 ,189	34	2 ,683	23	3 ,578
44	2 ,221	33	2 ,744	22	3 ,700
43	2 ,255	32	2 ,808	21	3 ,832
42	2 ,292	31	2 ,875	20	3 ,977
41	2 ,331	30	2 ,945	19	4 ,139
40	2 ,373	29	3 ,018	18	4 ,335
39	2 ,418	28	3 ,095	17	4 ,590
38	2 ,465	27	3 ,177		

On tire de ces données la dérivée par rapport à la température de la différence d'indice du béryl et de l'eau. Le tableau suivant contient le résultat du calcul et sa comparaison à la dérivée de l'indice de l'eau. On voit que la dérivée de l'indice du béryl est positive et varie beaucoup de grandeur dans la limite des températures observées. Malgré l'incertitude inévitable de semblables expériences, il ne me semble pas que la dérivée de l'indice du béryl puisse être représentée par une fonction linéaire de la température J'ai calculé par la méthode de Cauchy une expression du

second degré qui représente bien le phénomène, sauf pour les températures les plus basses :

t	$\frac{d(O-L)}{dt}$	$\frac{dL}{dt}$	$\frac{dO}{dt}$	Id. calculé	Différ.
48°	$+(10^{-7}).1890$	$-(10^{-7}).1568$	$+(10^{-7}).322$	$+(10^{-7}).323$	$+(10^{-7}).-1$
47	1867	1559	308	308	0
46	1843	1549	294	292	+2
45	1818	1538	280	278	+2
44	1791	1525	266	264	+2
43	1764	1511	253	250	+3
42	1736	1496	240	238	+2
41	1707	1479	228	225	+3
40	1677	1462	215	213	+2
39	1645	1443	202	202	0
38	1614	1423	191	191	0
37	1582	1402	180	181	—1
36	1549	1380	169	172	—3
35	1516	1357	159	163	—4
34	1483	1333	150	154	—4
33	1450	1308	142	146	—4
32	1416	1282	134	139	—5
31	1383	1256	127	132	—5
30	1351	1228	123	125	—2
29	1318	1200	118	120	—2
28	1285	1170	115	115	0
27	1252	1140	112	110	+2
26	1218	1109	109	105	+4
25	1183	1078	105	102	+3
24	1147	1045	102	99	+3
23	1111	1012	99	96	+3
22	1074	978	96	94	+2
21	1038	944	94	93	+1
20	1000	909	91	92	—1
19	963	874	89	92	—3
18	922	838	84	»	
17	876	801	75	»	

La formule qui donne les valeurs calculées du tableau ci-dessus est

$$\frac{dO}{dt} = 10^{-7}.(189,4 - 10,34t + 0,2735t^2).$$

On aurait, par conséquent, d'après la formule qui donne $\frac{d(O-E)}{dt}$ (§ 52) :

$$\frac{dE}{dt} = 10^{-7}.(180,3 - 10,314t + 0,2735t^2).$$

Je donne d'ailleurs ces formules comme purement empiriques et ne se prêtant d'aucune manière à l'extrapolation. Je crois pourtant pouvoir faire remarquer que le béryl, exceptionnel au point de vue optique parmi les corps solides, l'est aussi par ses deux coefficients de dilatation, de signe contraire, presque égaux en valeur absolue, et variant rapidement avec la température.

CHAPITRE V

VARIATION D'INDICE DE QUELQUES LIQUIDES.

I. — SULFURE DE CARBONE.

54. — L'observation des franges de Talbot produites avec une lame d'un corps dont la variation d'indice est connue, tel que le quartz, plongée dans un liquide quelconque, permet de déterminer la variation d'indice de ce liquide. En général, la méthode est même plus précise qu'avec l'eau, la variation d'indice des divers liquides étant plus grande et plus régulière que celle de l'eau. J'ai étudié deux liquides à grande réfringence et forte dispersion, le sulfure de carbone et la naphtaline bromée, deux à réfringence faible, le térébenthène et l'alcool.

55. — Le sulfure de carbone que j'ai employé avait été purifié par un contact de plusieurs jours avec du bichlorure de mercure, et deux distillations sur un excès de chaux vive. Il présente dans ces conditions une odeur franche de chloroforme, et cette odeur peut être regardée comme une preuve de sa pureté.

J'en ai pris la densité à 0°. L'expérience faite avec deux flacons différents m'a donné :

I.	$D_0 = 1,292449$
II.	$D_0 = 1,292451$
Moyenne	$D_0 = 1,29245$

La densité donnée par Is. Pierre est un peu plus forte, 1,29312.

56. — A. *Étude de l'indice de réfraction.* — J'ai déterminé,

à l'aide de la lumière solaire, d'un tube de Geissler à hydrogène, et des flammes du sodium, du thallium et du lithium, les indices du sulfure de carbone pour un grand nombre de raies. Le prisme qui a servi à ces déterminations a un angle de 60°4'30". Les lames qui le ferment ont été choisies au milieu d'un grand nombre de lames et ne présentent pas de déviation propre appréciable. Un thermomètre [*Therm. Despretz* (§ 7)], fixé à demeure dans le prisme, permettait d'apprécier la température du liquide à 0°,01 près.

J'ai mesuré d'abord la déviation pour la raie F, en notant la température. Par exemple, une série de dix-sept déterminations m'a donné, pour des températures variant entre 26°,08 et 25°,84, des déviations minima variant entre 50° 59' 30" et 51° 1' 13". Comme la déviation varie sensiblement d'une façon proportionnelle à la température, au moins dans un intervalle aussi petit, j'ai pu prendre dans chaque série la moyenne des températures et celle des déviations.

J'ai obtenu ainsi pour les déviations et pour les indices

t	D	n_F
25°,995	51° 0' 9",7	1,647154
21 ,351	51° 24' 30",2	1,651168
19 ,043	51° 36' 47",0	1,653157

Bien que les températures extrêmes soient peu éloignées l'une de l'autre, je crois les observations assez précises pour qu'on puisse en tirer quelques renseignements sur la variation d'indice, et trouver l'indice aux températures comprises entre 26 et 19°. On trouve ainsi, en représentant l'indice par

$$n = 1,669602 - 0,0008635t$$

les valeurs suivantes :

t	Obs.	Calc.	Différ.
25°,995	1,647154	1,647155	—0,000001
21 ,351	1,651168	1,651166	+0,000002
19 ,043	1,653157	1,653158	—0,000001

57. — On déduit facilement des expériences précédentes que pour un degré d'élévation dans la température, la déviation minima pour la raie F varie, en moyenne, entre 26° et 19°, de 316 secondes. Voici dès lors comment j'ai opéré. J'ai relevé pour chaque raie du spectre sa distance angulaire à la raie F, les raies étant à la déviation minima. Chaque lecture relative à une raie se trouve encadrée entre deux lectures de F qu'on ramène, à l'aide de la correction précédemment indiquée, à la température où a été fait le pointé de la raie ; on prend pour F la moyenne des valeurs très voisines obtenues ainsi.

Les observations ont été répétées un certain nombre de fois pour les principales raies du spectre solaire, et les sources artificielles que j'ai citées. Ici on voit nettement la diminution de la dispersion par une variation de température. La diminution de la distance d'une raie à la raie F pour 1°, a été obtenue graphiquement pour les raies du spectre B, C, D, b_1, g, h, les raies du lithium et du thallium. Ces résultats m'ont servi à construire une courbe ayant pour abscisses $\frac{1}{\lambda^2}$, d'où je tire par interpolation la variation de distance pour les raies dont les lectures ont été moins nombreuses. Ceci me permet dès lors de faire servir toutes les observations d'une raie à la détermination de sa distance à la raie F pour deux températures données, et par conséquent d'obtenir au moyen des indices pour F donnés précédemment les indices pour les différentes raies du spectres à ces deux températures.

Le tableau qui suit résume les expériences et donne en même temps que les indices à 19° et à 25° leur variation moyenne pour un degré dans cet intervalle de température.

Angle du prisme 60° 4′ 30″

$n_F = 1{,}653196$ [à 19° C.] $n_F = 1{,}648015$ [à 25° C.]

Raie	Longueur d'onde	Dimin. pr 1° de la dist. à F		Distance à F		Déviation minima		Indice		Variation de l'indice pour 1°
		Observée	Calculée	à 19°	à 25°	à 19°	à 25°	à 19°	à 25°	
A	0μ,7601	»	40″	4° 20′ 52″	4° 16′ 52″	47° 16′ 11″,4	46° 48′ 33″,8	1,609462	1,604694	—0,0007947
a	0 ,7185	»	38	4 1 32 ,8	3 57 44 ,8	47 35 30 ,6	47 7 41 ,0	1,612781	1,607996	7985
B	0 ,6867	39″	35 ,5	3 44 48 ,9	3 41 15 ,9	47 52 14 ,5	47 24 9 ,9	1,615645	1,610834	8016
Li	0 ,6705	35	34	3 34 44 ,4	3 31 20 ,4	48 2 19 ,0	47 34 5 ,4	1,617365	1,612537	8047
C	0 ,6562	31	33	3 25 31 ,6	3 22 13 ,6	48 11 31 ,8	47 43 12 ,2	1,618936	1,614100	8060
α	0 ,6277	»	29 ,5	3 4 13 ,6	3 1 16 ,6	48 32 49 ,8	48 4 9 ,2	1,622554	1,617679	8125
(1) D_2	0 ,5889	24	24	2 29 41 ,2	2 27 17 ,2	49 7 22 ,2	48 38 8 ,6	1,628388	1,623454	8223
Th	0 ,5349	13	13 ,5	1 24 28 ,0	1 23 9 ,0	50 12 35 ,4	49 42 16 ,8	1,639293	1,634243	8417
E	0 ,5269	»	11 ,5	1 13 10 ,9	1 12 1 ,9	50 23 52 ,5	49 53 23 ,9	1,641164	1,636099	8422
(2) b_1	0 ,5183	9	10	0 59 36 ,3	0 58 36 ,3	50 37 27 ,1	50 6 49 ,5	1,643410	1,638334	8460
(3) »	0 ,4957	»	3	0 19 48 ,6	0 19 30 ,6	51 17 14 ,8	50 45 55 ,2	1,649957	1,644808	8582
F	0 ,4861	0	0	»	»	51 37 3 ,4	51 5 25 ,8	1,653196	1,648015	8635
(4) »	0 ,4667	»	9	0 44 29 ,4	0 43 35 ,4	52 21 32 ,8	51 49 1 ,2	1,660418	1,655145	8790
(5) »	0 ,4384	29	27	2 5 45 ,2	2 3 3 ,2	53 42 48 ,6	53 8 29 ,0	1,673431	1,667963	9113
γ	0 ,4340	»	30 ,5	2 20 26 ,6	2 17 23 ,6	53 57 30 ,0	53 22 49 ,4	1,675758	1,670252	9117
g	0 ,4226	40	40	3 2 38 ,3	2 58 38 ,3	54 39 51 ,7	54 4 4 ,1	1,682401	1,676797	9340
h	0 ,4101	50	52 ,5	3 55 56 ,5	3 50 41 ,5	55 32 59 ,9	54 56 7 ,3	1,690702	1,684970	9553
(6) »	0 ,4045	»	59 ,5	4 22 56 ,3	4 16 59 ,3	55 59 59 ,7	55 22 25 ,1	1,694868	1,689062	9677
H_1	0 ,3968	»	70	5 3 10 ,8	4 56 10 ,8	56 40 14 ,2	56 1 36 ,6	1,701028	1,695116	9853

(1) La plus réfrangible des deux.
(2) La moins réfrangible du groupe.
(3) Raie 31 de van der Willigen.
(4) Raie 35 de van der Willigen.
(5) » 37 »
(6) » 46 »

Pour la raie D_2 en particulier, les résultats précédents conduisent pour l'indice à la formule :

$$n_{D_2} = 1,644012 - 0,0008223\ t.$$

J'ai effectué, comme vérification, la mesure directe de l'indice, et j'ai obtenu dans deux séries différentes :

t	D	Indice Mesuré	Indice Calculé	Diff.
25°,59	48° 35′ 14″	1,62296	1,62297	— 0,00001
23 ,685	48 44 17	1,62449	1,62454	— 0,00005

Les différences sont de l'ordre des erreurs d'observation ; la plus forte correspond à une erreur de $\frac{1}{20}$ de degré dans la température.

58. — Les nombres précédents donnent entre 19° et 25°, c'est-à-dire pour 22° environ, la dérivée par rapport à la température de l'indice relatif du sulfure de carbone et de l'air chaud ; pour avoir la dérivée de l'indice dans l'air à température constante, il faut ajouter au nombre déterminé le produit de l'indice du sulfure de carbone par la dérivée de l'indice de l'air (§ 2). Ce produit est égal à — 0,0000016 pour les raies de A à F et à — 0,0000017 pour les raies de F à H.

On a, par conséquent :

Raie	$\frac{dn}{dt}$	Raie	$\frac{dn}{dt}$
A	— 0,0007963	495,7	— 0,0008598
a	7991	F	8651
B	8032	466,7	8807
Li	8063	438,4	9130
C	8076	γ	9194
α	8141	g	9357
D_2	8239	h	9570
Th	8433	404,5	9694
E	8453	H_1	9870
b_1	8476		

Les valeurs absolues des coefficients ainsi déterminés ne sont pas bien certaines, puisque celui d'entre eux qui sert de base à tout le calcul, la variation pour 1° de l'indice de F n'a été obtenu qu'à l'aide de trois mesures d'indice, à des températures peu différentes. Mais il est facile de voir que les différences entre le coefficient relatif à une raie et celui relatif à la raie F, sont très peu affectées par une erreur portant sur ce dernier.

Si j'appelle D et $D+\varepsilon$ les déviations minima pour la raie F et une autre raie, n_F et N les indices, on a :

$$(1) \qquad N = \frac{\sin\left(\frac{D+\varepsilon+A}{2}\right)}{\sin\frac{A}{2}},$$

$$(2) \qquad n_F = \frac{\sin\frac{D+A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}.$$

En différentiant (1) et (2) par rapport à t, il vient :

$$(3) \qquad \frac{dN}{dt} = \frac{1}{2}\frac{\cos\frac{D+\varepsilon+A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}\left[\frac{d\varepsilon}{dt}+\frac{dD}{dt}\right],$$

$$(4) \qquad \frac{dn_F}{dt} = \frac{1}{2}\frac{\cos\frac{D+A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}\cdot\frac{dD}{dt},$$

et en éliminant $\frac{dD}{dt}$:

$$(5) \qquad \frac{dN}{dt} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\cos\frac{D+\varepsilon+A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}\cdot\frac{d\varepsilon}{dt}+\frac{\cos\frac{D+\varepsilon+A}{2}}{\cos\frac{D+A}{2}}\cdot\frac{dn_F}{dt}.$$

L'erreur provenant de $\frac{dn_F}{dt}$ est multipliée par un facteur voisin de l'unité, un peu plus grand que l'unité pour les radiations moins réfrangibles que F, un peu plus petit pour les radiations plus réfrangibles.

Pour la différence, on a :

$$(6)\quad \frac{dN-dn_F}{dt}=\frac{1}{2}\frac{\cos\frac{D+\varepsilon+A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}\cdot\frac{d\varepsilon}{dt}-\left[1-\frac{\cos\frac{D+\varepsilon+A}{2}}{\cos\frac{D+A}{2}}\right]\cdot\frac{dn_F}{dt}$$

$$(7)\quad \frac{dN-dn_F}{dt}=\frac{1}{2}\cdot\frac{\cos\frac{D+\varepsilon+A}{2}}{\sin\frac{A}{2}}\cdot\frac{d\varepsilon}{dt}$$

$$-\left[1-\cos\frac{\varepsilon}{2}+\operatorname{tang}\frac{D+A}{2}\cdot\sin\frac{\varepsilon}{2}\right]\cdot\frac{dn_F}{dt}.$$

Le facteur par lequel il faut multiplier l'erreur affectant $\frac{dn_F}{dt}$ pour avoir l'erreur sur $\frac{d\,N-dn_F}{dt}$ est, pour différentes valeurs de ε et en prenant pour D la valeur qui convient à 22°.

ε		ε	
—		—	
— 5°	+ 0,0630	+ 5°	— 0,0649
— 4	+ 0,0506	+ 4	— 0,0518
— 3	+ 0,0381	+ 3	— 0,0387
— 2	+ 0,0254	+ 2	— 0,0257
— 1	+ 0,0128	+ 1	— 0,0128

Ce n'est que pour les radiations extrêmes que ε dépasse 4°. On voit donc qu'en général une erreur sur $\frac{dn_F}{dt}$ n'affec-

tera que d'une manière insignifiante la valeur de $\frac{dN - dn_F}{dt}$; en tout cas, le calcul précédent donne la correction à apporter.

Il restera, par une méthode plus précise que celle du prisme, à déterminer pour une raie la variation d'indice; c'est ce que j'ai fait pour la raie D.

59. — B. *Application de la méthode des franges de Talbot.* — — Pour appliquer au sulfure de carbone la méthode que j'ai employée pour l'eau, je l'ai placé dans une petite auge fermée par des glaces à faces parallèles, dans l'intérieur de laquelle se trouve fixée une lame de quartz perpendiculaire à l'axe, et où pénètre le réservoir d'un petit thermomètre divisé en dixièmes de degré [*therm. Alvergniat* (§ 9)]. L'auge remplie de sulfure de carbone est placée au centre de la cuve de glaces qui m'a servi dans mes expériences sur l'eau (§ 26). En la remplissant d'eau tiède, on voit le thermomètre placé dans le sulfure de carbone monter, passer par un maximum, puis redescendre lentement à cause de la masse d'eau assez considérable que contient la cuve.

On observe alors les déformations des franges de Talbot, produites avec la lumière du sodium. Ici, même avec un intervalle assez faible pour les températures extrêmes, on observe nettement que l'intervalle de température qui correspond au passage d'une frange n'est pas constant; il diminue légèrement quand la température s'élève; la diminution de l'indice pour 1° croît donc avec la température. J'ai observé 67 passages de franges entre 29° et 20°.

Les lectures du thermomètre correspondant au passage des franges sont corrigées du zéro, de la tige par la formule de Mills (§ 10) et du calibrage par la table de correction établie par comparaison au thermomètre étalon (§ 9). On a

ainsi la différence de température y, qui produit le passage d'une frange à la température moyenne x. Afin d'utiliser toutes les observations, j'ai tracé la courbe moyenne, qui dans l'intervalle d'un degré diffère peu d'une droite. Par les points fournis par l'expérience, je mène des parallèles à la courbe moyenne, et je relève la moyenne des points d'intersection de l'ordonnée répondant à une valeur t avec les parallèles menées par les points compris entre $t - 1$ et $t + 1$ degrés. Le résultat de cette première interpolation graphique est donnée dans la colonne *Observ.* du tableau ci-dessous.

x	y (Observ.)	y (Calc.)	(Obs.—Calc.)
—	—	—	—
28°	0°,4801	0°,4816	— 0°,0015
27	0 ,4895	0 ,4894	+ 0 ,0001
26	0 ,4981	0 ,4965	+ 0 ,0016
25	0 ,5054	0 ,5029	+ 0 ,0025
24	0 ,5083	0 ,5085	— 0 ,0002
23	0 ,5113	0 ,5133	— 0 ,0020
22	0 ,5154	0 ,5175	— 0 ,0021
21	0 ,5210	0 ,5209	+ 0 ,0001
20	0 ,5249	0 ,5235	+ 0 ,0014

Étant donnée la forme de la courbe expérimentale, j'ai essayé de relier ces observations par une formule de la forme $y = a + bx + cx^2$, calculée par la méthode des moindres carrés. J'obtiens avec les valeurs suivantes :

$$a = 0{,}42100$$
$$b = 0{,}012525$$
$$c = -0{,}00037$$

et une erreur moyenne égale à $\pm$ 0,0019 les nombres consignés dans la colonne *Calc.* du tableau précédent.

60. — J'ai alors à porter ces nombres dans la formule connue

$$\left[1 + \mu\left(x + \frac{y}{2}\right)\right]\frac{d(S - L)}{dt} + \frac{\gamma y^2}{4} = \frac{\lambda}{ey} - (S_0 - L_0)\mu.$$

Ici $(S_0 - L_0)$ est négatif et $\frac{d(S-L)}{dt}$ représente la dérivée prise en signe contraire de la différence des indices du liquide et du solide. Je prends comme indices à zéro 1,644 pour le sulfure de carbone et 1,544 pour le quartz, ce qui suffit, puisque la différence 0,100 doit être multipliée par μ. Entre 28° et 20°, $\frac{dS}{dt}$ est égal à — 0,00000626. J'obtiens ainsi :

x	$\frac{d(L-S)}{dt}$	$\frac{dL}{dt}$
28°	$-(10^{-7}).8770,8$	$-(10^{-7}).8833$
27	8631,3	8694
26	8508,0	8571
25	8399,9	8463
24	8307,6	8370
23	8231,1	8294
22	8163,2	8226
21	8111,1	8174
20	8069,8	8132

L'accord entre ces résultats et ceux des expériences certainement moins précises faites à l'aide du prisme est aussi complet qu'on peut le désirer. J'ai trouvé, en effet, qu'à 22° la variation de l'indice pour 1° est $-(10^{-7}).8239$. Mais les expériences sur le prisme n'étaient pas assez nombreuses pour montrer la variation de $\frac{dn}{dt}$ avec la température.

61. — C. *Résultats*. — La forme particulière que j'ai adoptée pour calculer les valeurs de y conduirait, pour la dérivée de l'indice, à une forme fonctionnelle qui représenterait absolument les résultats du calcul, mais qui dépasserait certainement la limite de précision des expériences. Je crois suffisant et plus conforme aux habitudes de repré-

senter la variation de l'indice par une fonction linéaire. Avec la formule

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}0006329 - 0{,}00000870t,$$

on a les valeurs suivantes :

t	$\frac{dn}{dt}$
28	—0,000876
27	867
26	858
25	849
24	841
23	832
22	824
21	816
20	807

Cette formule moyenne conduit, comme on le voit, exactement au même résultat que la méthode du prisme. Dès lors, les nombres contenus dans le tableau du § 58 donnent la variation d'indice pour les différentes raies du spectre à la température 22°.

62. — D. *Comparaison aux résultats antérieurs*. — J'ai comparé mes résultats à ceux de Dale et Gladstone, de M. Fouqué et de van der Willigen.

Dale et Gladstone (1) donnent les indices du sulfure de carbone, pour les raies A, D et H, pour des températures équidistantes de 5°, avec quatre décimales. Les résultats ne paraissent pas très concordants; tandis que les indices pour la raie H donnent à peu près une droite, ceux pour la raie D donnent une courbe convexe vers l'axe des températures, ceux pour la raie A une courbe concave. A la température de 20 à 25°, la variation pour 1° de l'indice pour

(1) Dale et Gladstone. — *Philos. Trans.* for 1858, p. 887.

la raie D est à très peu près — 0,00080, pour la raie H — 0,00092, pour la raie A — 0,00078. Ces résultats sont notablement moins élevés que les miens.

Dans un mémoire plus récent (1), je trouve des nombres qui s'accordent bien mieux avec mes résultats ; les mesures sont faites pour deux températures seulement et donneraient $\frac{dn}{dt}$ à 24° environ.

Raie.	Indices à 11°	Indices à 36°,5	$\frac{dn}{dt}$
A	1,6142	1,5945	—0,000772
B	1,6207	1,6004	796
D	1,6333	1,6120	835
E	1,6465	1,6248	851
F	1,6584	1,6362	871
G	1,6836	1,6600	926
H	1,7090	1,6827	1071

Dans le mémoire déjà cité de M. Fouqué (2) se trouvent des mesures d'indice du sulfure de carbone à différentes températures. Au moyen des déviations minima et des angles du prisme relatés dans le mémoire, j'ai calculé avec 5 décimales les indices pour les raies de l'hydrogène et du sodium. La série la plus complète se rapporte à la raie C ; les indices représentés par une formule parabolique à 3 termes conduisent aux valeurs suivantes :

Raie.	$\frac{dn}{dt}$
C	$-0,0006233 - 0,00000764t$
D	$-0,0006344 - 0,00000802t$
F	$-0,0006883 - 0,00000632t$

Les nombres qu'on déduit de ces formules sont un peu

(1) Dale et Gladstone. — *Philos. Trans.*, for 1863, p. 317.
(2) Fouqué. — *Annales de l'Observ. de Paris*, t. IX, 1867.

plus faibles que les miens, mais la variation du coefficient avec la température est absolument du même ordre.

Les expériences de van der Willigen (1) le conduisent à des nombres très voisins des miens, plutôt un peu plus élevés. On trouve, en effet, comme dérivées de l'indice à 20°,5 les nombres suivants :

Raie.	$\frac{dn}{dt}$
B	— 0,000802
C	— 0,000815
D	— 0,000824
E	— 0,000834
F	— 0,000855
G	— 0,000903
H	— 0,000945

Quant aux indices eux-mêmes, je rapporterai les indices mesurés par divers expérimentateurs, ramenés à la température de 20°.

Raie.		Verdet (2)	D. et Glads.	Fouqué	Hagen (3)	Wüllner (4)	Van der Willigen
A	1.60868	»	1.6075	»	»	»	1.60925
B	1.61486	1.6149	1.6138	»	»	»	1.61516
C	1.61814	1.6182	1.6169	1.61963	1.61736	1.61846	1.61841
D	1.62758	1.6276	1.6262	1.62890	»	»	1.62787
E	1.64033	1.6405	1.6392	»	»	»	1.64070
F	1.65236	1.6525	1.6511	1.65382	1.65234	1.65267	1.65273
γ	1.67485	»	»	1.67617	1.67482	1.67515	»
G	1.67666	1.6768	1.6753	»	»	»	1.67700
H	1.70006	1.6999	1.6986	»	»	»	1.69994

(1) Van der Willigen. — Les indices de réfraction du sulfure de carbone (*Arch. du Mus. Teyler*, vol. III (1), p. 55).

(2) Verdet. — *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e S., t. LXIX, p. 415.

(3) Hagen. — *Pogg. Ann.*, t. CXXXI.

(4) Wüllner. — *Pogg. Ann.*, t. CXXXIII.

La première colonne du tableau contient les indices déduits pour la température de 20° de mes expériences (§ 57). On peut dire qu'ils sont absolument d'accord avec ceux de Verdet, qui employait pour la correction des températures une méthode analogue à celle que j'ai employée. L'accord avec les nombres de van der Willigen, de Wüllner et de Hagen, est également satisfaisant ; la différence est celle qui proviendrait d'une différence de quelques dixièmes de degré dans la température du liquide.

La conclusion à tirer de ces nombres est, je crois, que dans les mesures d'indice de liquides tels que le sulfure de carbone, on ne saurait prendre trop de précautions pour la détermination des températures.

63. — E. *Comparaison à la variation de densité.* — Is. Pierre (1) a étudié la dilatation du sulfure de carbone. Les nombres qu'il indique à partir de 55° montrent une discontinuité complète dans la courbe. En négligeant les trois dernières mesures, et en ne tenant compte que des chiffres probables, on voit que la variation de densité du sulfure de carbone, entre 0° et 50°, se représente bien par la formule

$$(1) \quad -\frac{dD}{dt}\cdot\frac{1}{D_0} = 0{,}001139 + 0{,}000001319t + 0{,}000000007t^2.$$

On peut, en partant de cette formule, calculer $\frac{dn}{dt}$ soit à l'aide de la formule de Gladstone, soit à l'aide de celle de M. Lorentz.

La formule de Gladstone

$$\frac{n-1}{D} = C^{te}$$

(1) Is. Pierre. — Recherches sur la dilatation des liquides (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e S., t. XIV, 1845).

donne, en prenant pour valeur de la constante $\frac{n-1}{D}$ à 20°C

$$\frac{dn}{dt} = (n_{20} - 1) \cdot \frac{D_0}{D_{20}} \cdot \frac{1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt}.$$

On a, en prenant $t = 22°$:

Raie.	$\frac{dn}{dt}$ Calculé.	$\frac{dn}{dt}$ Observé.	Différence.
—	—	—	—
A	—0,000729	—0,000796	0,000067
B	737	803	66
C	741	808	67
D	750	824	74
E	767	845	78
F	782	865	83
γ	809	919	110
H_1	839	987	148

La différence est notable, et ne paraît pas tendre vers zéro quand la longueur d'onde augmente ; elle semble constante à partir de la raie C.

Pour la raie D en particulier, on a, pour les différentes températures que j'ai étudiées, et en prenant pour valeur de la constante $\frac{n_0 - 1}{D_0}$:

Température.	$\frac{dn}{dt}$ Calculé.	$\frac{dn}{dt}$ Observé.	Différence.
—	—	—	—
28°	—0,000761	—0,000876	0,000115
26	759	858	99
24	756	841	85
22	754	824	70
20	752	807	55

Ici la différence semble bien tendre vers zéro quand la température diminue. La loi de Gladstone représenterait

donc bien le phénomène quand la température est basse.

La formule de M. Lorentz

$$\frac{(n^2-1)}{(n^2+2)D} = C^{te}$$

conduit aux deux tableaux suivants, calculés comme les précédents, le premier pour les différentes raies et la température de 22°C, le second pour la raie D et différentes températures.

Raie.	$\frac{dn}{dt}$ Calculé.	$\frac{dn}{dt}$ Observé.	Différence.
A	—0,000904	—0,000796	—0,000108
B	915	803	112
C	922	808	114
D	940	824	116
E	965	845	120
F	979	865	114
γ	1033	919	114
H_1	1086	987	99

Temp´rature.	$\frac{dn}{dt}$ Calculé.	$\frac{dn}{dt}$ Observé.	Différence.
28°	—0,000939	—0,000876	—0,000063
26	938	858	80
24	937	841	96
22	936	824	112
20	935	807	128

Ici la différence est en sens contraire ; elle est d'ailleurs plus grande en valeur absolue et constante pour les différentes raies du spectre. Sa valeur absolue diminue quand la température s'élève. Il semble donc que c'est à des températures élevées que la formule de M. Lorentz convien-

drait, et qu'alors elle représenterait le phénomène pour toutes les radiations.

II. — NAPHTALINE BROMÉE.

64. — La naphtaline monobromée α [$C^{20}H^{7}Br$] est un liquide huileux, incolore quand il est pur, mais se colorant en jaune verdâtre à la lumière ; il bout à 277° et présente un indice de réfraction plus élevé que celui du sulfure de carbone ; mais sa dipersion est un peu moindre. Sa fixité et son indice élevé le font employer fréquemment aujourd'hui dans les recherches d'optique cristallographique, par exemple pour le réfractomètre à réflexion totale ou la mesure de l'angle des axes optiques.

La naphtaline monobromée que j'ai eu à ma disposition provenait de l'usine de Schuchardt, à Görlitz.

J'en ai pris la densité à différentes températures au moyen d'un flacon dont le coefficient de dilatation avait été préalablement déterminé. J'ai trouvé :

Densité à	0°	1,55778
— à	20°,56	1,53687
— à	100°,15	1,45498

ce qui conduit, pour la densité à t°, aux formules

$$D_t = 1,55778 - 0,0010145t - 0,000000119t^2$$

$$D_t = D_0[1 - 0,00065124t - 0,0000000764t^2].$$

65. — *Indices de réfraction.* — Avec la lumière du sodium et un prisme de 60° 4′ 50″, j'ai obtenu les déviations minima suivantes :

t	Δ
15° 15	52° 49′ 33″
21 00	52 32 45
23 50	52 25 48
23 80	52 24 57

La raie du sodium n'était pas nettement dédoublée, la viscosité du liquide ne permettant pas d'arriver aussi facilement qu'avec le sulfure du carbone, par exemple, à une température parfaitement homogène dans toute sa masse. Ces résultats se rapportent donc à la longueur d'onde $0^{\mu},5892$, moyenne des deux raies D.

Les indices qu'on en déduit se représentent très exactement par la formule $n = n_0 - at$, avec

$$n_0 = 1,67169 \quad \text{et} \quad a = 0,0004537.$$

On a, en effet :

Temp.	Observ.	Calc.	Obs. — Calc.
—	—	—	—
15°,15	1,66484	1,66481	+0,00003
21 ,00	1,66214	1,66216	—0,00002
23 ,50	1,66102	1,66102	0
23 ,80	1,66088	1,66089	—0,00001

J'ai mesuré les indices pour quelques raies du spectre solaire, en déterminant la différence entre les déviations minima pour une raie et la raie D. Ces mesures se rapportent à la température de 23°,5. Le tableau suivant donne les indices trouvés par l'expérience et le calcul par la formule de Briot

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} - D\lambda^2$$

avec

$$A = 1,638015$$
$$B = 0,005295$$
$$C = 0,0015565$$
$$D = 0,01487$$

les longueurs d'onde étant exprimées en millièmes de millimètre.

Raie.	Longueur d'onde.	Indice mesuré.	Indice calculé.	Différence.
—	—	—	—	—
B	$0^{\mu},6867$	1,64923	1,64923	0
C	0 ,6562	1,65219	1,65230	—0,00011
D	0 ,5892	1,66102	1,66102	0
b_1	0 ,5183	1,67539	1,67530	+0,00009
F	0 ,4861	1,68480	1,68480	0
(1) (37)	0 ,4384	1,70485	1,70484	+0,00001
(1) (39)	0 ,4324	1,70808	1,70808	0

66. — *Variation d'indice.* — Pour étudier la variation de l'indice pour la raie D, j'ai employé exactement la même méthode que pour le sulfure de carbone (§ 59). Le thermomètre employé était le même. Mais ici on trouve que la variation, sensiblement moitié moindre qu'avec ce dernier corps, est à très peu près proportionnelle à la température. On peut alors employer toutes les observations d'une série à la détermination de la variation de température qui produit le passage d'une frange. On les relie pour cela au moyen de la méthode des moindres carrés, par une formule de la forme $x + py$, où x représente la température la plus basse des passages, y la variation de température cherchée, et p le nombre de franges passées. Voici un exemple du calcul :

Température observée.	Température corrigée.	Température calculée.	Obs. — Calc.
29°,85	$29,932 = x + 6y$	29,941	—0,009
28 ,92	$28,997 = x + 5y$	29,003	—0,006
28 ,00	$28,072 = x + 4y$	28,064	+00,08
27 ,07	$27,138 = x + 3y$	27,126	+0,012
26 ,13	$26,193 = x + 2y$	26,188	+0,005
25 ,19	$25,248 = x + y$	25,249	—0,001
24 ,25	$24,302 = x$	24,311	—0,009

(1) (1) D'après van der Willigen.

Équations normales

$$7x + 21y = 189,882$$
$$21x + 91y = 595,923$$

d'où l'on tire

$$y = 0,9385$$

avec une erreur moyenne sur y égale à $\pm 0,00176$.

Trois autres séries faites le même jour ont conduit aux valeurs de y et aux erreurs moyennes suivantes :

y	Err. moy.
0°,9400	± 0,00065
0 ,9398	± 0,00244
0, 9310	± 0,00241

La valeur moyenne admise pour le passage d'une frange est

0°,93733.

Quelques jours plus tard, j'ai repris les observations sur le même liquide ; j'ai trouvé une valeur un peu plus faible. Deux séries très concordantes faites entre les mêmes limites de température m'ont donné :

y	Err. moy.
0°,92344	± 0,00150
0 ,92350	± 0,00143

La valeur moyenne serait 0°,92347.

Ces expériences ont été faites avec la lame de quartz d'épaisseur $1^{mm},3958$. Il reste à porter ces valeurs dans la formule. Ici, comme y est constant, la formule se simplifie.

On a, en effet, à une température t :

$$(1) \qquad e(L - S) = k\lambda$$

à une température $t+y$:

$$(2) \qquad e(1+\mu y)\left(L-S+\frac{d(L-S)}{dt}\cdot y\right)=(k-1)\lambda.$$

μ étant le coefficient de dilatation du quartz à la température moyenne $\left(t+\frac{y}{2}\right)$. En éliminant k entre les équations (1) et (2), on a

$$(3) \qquad \frac{d(L-S)}{dt}=-\frac{\lambda}{ey}-(L-S)\mu.$$

L'indice L, calculé pour 27°, est 1,6595 ; on peut donc prendre $(L-S)=0,115$ et $(L-S)\mu=0,00000087$. On trouve ainsi, pour la première série d'expériences :

$$\frac{d(L-S)}{dt}=-0,00045122,$$

et pour la seconde :

$$\frac{d(L-S)}{dt}=-0,00045778.$$

En ajoutant à ces nombres la dérivée de l'indice ordinaire du quartz pour la température moyenne des expériences, 27°, on obtient enfin :

$$\frac{dL}{dt}=-0,00045748$$

pour la première série, et pour la seconde :

$$\frac{dL}{dt}=-0,00046404.$$

67. — La différence entre ces nombres, bien que faible, me semble dépasser la limite des erreurs d'expériences, et tenir à une altération du liquide. Ils sont d'ailleurs très

convenablement d'accord avec le coefficient résultant des mesures directes d'indice, que j'ai trouvé égal à — 0,0004537 pour la variation dans l'air chaud, et qui devient — 0,0004555 pour la variation dans l'air froid. Les mesures par le prisme avaient d'ailleurs précédé les mesures par les franges.

Avant les mesures par le prisme, j'avais fait une autre mesure de la variation d'indice avec une lame de crown d'épaisseur $1^{mm},2647$. Le liquide était renfermé dans une cuve cylindrique, d'environ un tiers de litre de capacité, fermée par des glaces à faces parallèles, au milieu de laquelle plongeait le réservoir d'un thermomètre (therm. Despretz). Le refroidissement du liquide est moins régulier. Cependant j'ai pu, entre 31° et 24°, observer une série de passages très sensiblement équidistants qui, par la méthode des moidres carrés, m'ont donné pour y la valeur 1°,0321 avec une erreur moyenne de $\pm 0,00466$. On en tire pour $\frac{dL}{dt}$ la valeur

$$\frac{dL}{dt} = -0,0004524.$$

Il me paraît bien établi que la dérivée de l'indice change légèrement avec le temps; l'altération du liquide à la lumière se manifestant d'ailleurs par son changement de coloration.

68. — La naphtaline bromée que j'ai étudiée avait une densité un peu plus forte et un indice un peu plus élevé que celle étudiée par M. Fock (1). Cette dernière avait, à 12° C., une densité 1,503, et à 8° C., un indice pour la raie D égal à 1,66264. M. Fock a mesuré la variation dans

(1) Andr. Fock. — Ueber die Aenderung der Brechungsexponenten isomorpher Mischungen mit deren chemischer Zusammensetzung. (*Zeitsch. für Krystall. und Miner. von Groth.*, t. IV p. 583. 1880).

l'angle de déviation minima produite par la température. Il indique comme résultat de ses expériences la valeur — 0,00045 pour la variation de l'indice pour 1°. En reprenant ses résultats d'expérience, on trouve que les déviations minima qu'il a mesurées se représentent bien par la formule :

$$\Delta = \Delta_0 - 0{,}0004429t + 0{,}000000980t^2,$$

ce qui, par un calcul facile, conduit pour la dérivée de l'indice à la formule :

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}0004900 + 0{,}00000135t.$$

Il résulterait donc de ces mesures ce fait, assez exceptionnel chez les liquides, que la dérivée de l'indice diminuerait en valeur absolue quand la température augmente. Je crois, d'après quelques mesures d'ailleurs trop irrégulières pour être rapportées ici, qu'il en est réellement ainsi. Mes expériences sont du reste en accord convenable avec cette formule, car elle donnerait pour 27°, température moyenne de mes mesures, la valeur — 0,000 453 6.

69. — Enfin j'ai cherché pour ce liquide quelle serait la valeur qu'assigneraient à la dérivée de l'indice les mesures de la dilatation, en partant des formules de Gladstone et de M. Lorentz.

La formule de Gladstone donne par différentiation :

$$\frac{dn}{dt} = (n_0 - 1)\frac{1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt},$$

d'où, pour la température de 27° :

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}0004404.$$

Cette valeur est très rapprochée du nombre expérimental, mais on voit que, d'après les résultats relatifs à la dila-

tation (§ 64), la formule de Gladstone donnerait pour $\frac{dn}{dt}$ un nombre croissant en valeur absolue avec la température, résultat qui paraît contredit par l'expérience.

De la formule de Lorentz (§ 47)

$$\frac{n^2-1}{(n^2+2)D}=\frac{n_0{}^2-1}{(n_0{}^2+2)D_0}$$

on déduirait pour la température de 27° c :

$$\frac{dn}{dt}=-0,0005558,$$

valeur très éloignée du nombre expérimental.

III. TÉRÉBENTHÈNE

70. — J'ai distillé de l'essence de térébenthine du commerce et recueilli ce qui passait à la température constante de 156°. La densité du produit distillé est à 0°

0,8772

d'après des expériences faites en novembre 1882.

Six mois plus tard, l'essence, conservée dans des flacons cependant bien bouchés, a subi sans doute un commencement de résinification; car sa densité est un peu plus forte :

0,8815.

M. Riban (1) donne comme densité à 0° du térébenthène gauche, 0,8767.

Is. Pierre (2) a étudié, non le térébenthène actif, mais le térébène inactif sur la lumière polarisée, il donne pour

(1) Riban. — *Annales de Chim. et de Phys.* 5e S., t. VI.

(2) Is. Pierre. — *Mémoire présenté à l'Académie des sciences dans la séance du* 13 *oct.* 1851.

densité à0° 0,8718. M. Riban donne pour le térébène le même nombre que pour le térébenthène, 0,8767.

71. — J'ai déterminé les indices de réfraction de ce liquide. L'angle du prisme (moyenne de 5 lectures) est :

$$60°5'17''.$$

La double déviation minima pour la raie D est mesurée en même temps que la température du liquide par un thermomètre (*th. Despretz*) plongeant dans le prisme. On peut de la sorte construire une courbe donnant, par interpolation, la déviation à une température donnée. J'ai ainsi obtenu à 14° C. :

$$\Delta = 34°51'20'' \text{ (moyenne de 12 lect.)}$$

il en résulte :

$$n_D = 1,47193.$$

J'ai relevé ensuite la distance entre la raie D, sous déviation minima, et les raies de l'hydrogène, du lithium et du thallium, également sous déviation minima. Je trouve ainsi, pour 14° C.

Raie	Longueur d'onde	Indice
—	—	—
Li	$0^{\mu},6705$	1,46850
C	0 ,6562	1,46901
(D_1D_2)	0 ,5892	1,47193
Th	0 ,5349	1,47517
F	0 ,4861	1,47918
γ	0 ,4340	1,48525

Ces indices, calculés par la formule de Cauchy à trois termes :

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

donneraient, avec

$$A = 1,457684$$
$$B = 0,0046340$$
$$C = 0,00010532$$

les valeurs suivantes :

Raie	n calculé	Obs. — Calc.
Li	1,468512	— 0,000012
C	1,469014	— 4
(D_1D_2)	1,471906	+ 24
Th	1,475166	+ 4
F	1,479185	— 5
γ	1,485254	— 4

Les indices du térébenthène déterminés antérieurement sont, pour la raie D :

Indices	Temp.	Observateurs	Ind. à 14°	Densité à 0°
1,47443	10°,62	Frauenhofer	1,4727	0,894
1,4545	47	Dale et Gladstone (1)	1,4714	0,881
1,4653	24	id.	1,4704	id.
1,4734	10	id.	1,4714	id.
1,47738	10 ,62	Van der Willigen (2)	1,4756	0,902
1,47211	20 ,7	id.	1,4752	id.
1,4648	25	Riban	1,4704	0,8767
1,47191	14	Dufet	1,4719	0,8815

Les deux dernières colonnes contiennent les valeurs des indices ramenés à 14° au moyen du coefficient de variation que je détermine plus loin, et des densités ramenées à zéro par la relation que donne M. Riban entre la densité du térébenthène et la température. Ces derniers résultats, bien qu'approchés, suffisent pour montrer que les diffé-

(1) Dale et Gladstone. — *Philos. Transact.*, for 1863, p. 317.
(2) Van der Willigen. — *Arch. du Mus. Teyler*, vol. I (3). p. 183.

rents liquides observés n'étaient pas identiques, et que l'indice est d'autant plus grand que la densité est plus forte.

72. — Pour mesurer la variation d'indice, je me suis servi d'une cuve cylindrique d'environ 300^{cc} de capacité, fermée à ses extrémités par des glaces à faces parallèles. Au milieu était fixée une lame de quartz ou de crown qui sert à la production des franges de Talbot. J'ai fait deux séries d'expériences, les unes en novembre 1882, les autres au commencement de mai 1883. Les observations de températures sont faites au moyen du thermomètre Despretz. Les franges passent sur la raie D à des intervalles très sensiblement égaux.

Je donne comme exemple les observations du 13 nov. 1882, faites avec la lame de quartz d'épaisseur 1^{mm}, 3958. Les températures observées doivent subir les corrections du zéro, du calibrage et de la portion de tige qui dépasse le bain. On calcule, comme pour la naphtaline bromée (§66), la différence de température y qui produit le passage d'une frange, au moyen de la méthode des moindres carrés.

Tempér. observées.	Tempér. corrigées	Tempér. calculées	Diff. obs. — calc.
—	—	—	—
23°,80	23°,408	23°,404	+ 0°,004
22 ,95	22 ,550	22 ,553	— 0 ,003
22 ,12	21 ,712	21 ,702	+ 0 ,010
21 ,28	20 ,865	20 ,851	+ 0 ,014
20 ,40	19 ,979	20 ,000	— 0 ,021
19 ,55	19 ,123	19 ,149	— 0 ,026
18 ,73	18 ,297	18 ,298	— 0 ,001
17 ,90	17 ,462	17 ,447	+ 0 ,015
17 ,04	16 ,598	16 ,597	+ 0 ,001
16 ,20	15 ,754	15 ,746	+ 0 ,008
15 ,35	14 ,900	14 ,895	+ 0 ,005
14 ,50	14 ,047	14 ,044	+ 0 ,003
13 ,65	13 ,194	13 ,193	+ 0 ,001
12 ,79	12 ,331	12 ,342	— 0 ,011

La valeur de y résultant du calcul est 0°,8510 avec une erreur moyenne égale à ± 0,00084.

On porte cette valeur dans l'équation établie plus haut (§ 66) :

$$\frac{d(S-L)}{dt} = \frac{\lambda}{ey} - \mu(S-L)$$

la valeur du terme tenant à la dilatation du quartz est 0,00000056. La dérivée de l'indice du quartz à la température moyenne de l'expérience est — 0,00000626. On a, en remplaçant les lettres par leurs valeurs

$$\frac{dL}{dt} = -0,00050173.$$

Quatre séries analogues à celle que je viens de citer ont été faites avec la même essence, en la laissant dans la cuve et l'y échauffant avant l'expérience. Elles montrent un accroissement avec le temps de la valeur absolue de la dérivée de l'indice. Bien que la température moyenne des diverses séries soit légèrement différente, je ne crois pouvoir attribuer cette variation de la dérivée de l'indice qu'à une altération de l'essence qui, comme on le sait, se résinifie rapidement par oxydation.

Date de l'expér.	Temp. moyenne	y	Erreur moyenne	$\frac{dL}{dt}$
—	—	—	—	—
4 nov. 82	18°,9	0°,8693	± 0,00340	— 0,0004913
6 nov.	19°,5	0°,8713	± 0,00277	— 0,0004902
13 nov.	17°,9	0°,8510	± 0,00084	— 0,0005017
(1) 15 nov.	13°,6	0°,8327	± 0,00311	— 0,0005126

Les résultats précédents sont relatifs à la raie D.

73. — Quelques mois plus tard, j'ai repris la même es-

(1) Entre les deux dernières observations, la cuve est restée débouchée et le térébenthène exposé à l'air.

sence qui, pendant ce temps était restée dans un flacon scellé, et j'ai déterminé ses variations d'indice pour les raies du sodium, du lithium et du thallium et la raie F de l'hydrogène. On ne pouvait plus ici observer la déformation des franges produites sur une raie à cause de la trop faible intensité de la lumière. J'ai dû alors viser la raie avec la lunette d'un théodolite, et noter, en même temps que la température, la distance des franges à la position occupée par la raie. On ne peut d'ailleurs relever la position de la raie qu'au commencement et à la fin de l'expérience, car par suite du retard variable causé par la lame, les maxima se déplacent pendant l'expérience (§ 15). Mais à la fin, en déplaçant légèrement la lame, on s'assure qu'il ne s'est produit aucun dérangement et que la position de la raie est la même.

Les expériences faites entre 24° et 16° ont donné pour résultats :

Raie	y
Lithium	1°,1036
Sodium (D)	0°,9696 (1)
Thallium	0°,8733
Hydrog. (F)	0°,7961

La lame solide qui servait à la production des franges était une lame de verre de Saint-Gobain. Cette lame a été malheureusement égarée, et j'ai dû prendre l'épaisseur d'un autre fragment que j'ai tout lieu de croire identique. Il y a certainement de ce chef quelque incertitude sur la valeur absolue de la dérivée de l'indice, mais il n'y en a pas sur la comparaison des résultats relatifs aux diverses couleurs.

En prenant pour l'épaisseur du verre de Saint-Gobain $1^{mm},1875$, pour ses indices ceux donnés par M. Baille, pour son coefficient de dilatation celui donné par M. Fizeau dans

(1) Moyenne de deux séries.

l'Annuaire du Bureau des longitudes et en admettant enfin que l'indice du crown ne change pas avec la température, on a :

Raie	$\frac{dn}{dt}$
Lithium	— 0,0005112
Sodium	— 0,0005113
Thallium	— 0,0005154
Hydr. (F)	— 0,0005137

La dispersion semble donc diminuer avec la température, mais très faiblement. Ceci est d'accord avec les résultats des expériences de MM. Dale et Gladstone, qui ont donné les indices de l'essence de térébenthine (non du térébenthène) pour les raies A, D et H, à 10°, 24° et 47°. Les valeurs moyennes tirées des nombres qu'ils donnent sont :

Raie	$\frac{dn}{dt}$
A	— 0,000496
D	— 0,000520
H	— 0,000562

Van der Willigen déduit d'observations faites par le prisme à des températures ne s'éloignant de la moyenne 20°,7 que d'une fraction de degré, la variation d'indice pour la raie D — 0,000526.

74. — M. Riban, dans l'étude qu'il a faite des propriétés du térébenthène, en a déterminé la dilatation ; il donne pour représenter la densité à t^o :

$$D_t = 0{,}8767 - 0{,}0008213t - 0{,}00000010t^2$$

$$D_t = D_0(1 - 0{,}0009368t - 0{,}000000114t^2)$$

On en déduit pour la dérivée de la densité par rapport à la température :

$$\frac{dD}{dt} \cdot \frac{1}{D_0} = -0{,}0009368 - 0{,}00000023t.$$

Je prendrai cette formule de M. Riban, malgré la différence de densité de mon térébenthène.

De la formule de Gladstone on tire :

$$\frac{dn}{dt} = (n-1) \cdot \frac{D_0}{D} \cdot \frac{d\frac{D}{D_0}}{dt},$$

d'où, en substituant aux lettres leurs valeurs pour la température de 14° C. :

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}000450.$$

Cette valeur n'est pas très éloignée du nombre expérimental, qui oscille entre $-0{,}000490$ et $-0{,}000512$, les nombres les plus faibles en valeur absolue me paraissant se rapporter au liquide le plus pur et le plus rapproché par conséquent du liquide étudié par M. Riban.

En différentiant la formule de M. Lorentz $\frac{n^2-1}{(n^2+2)D} = C^{te}$, on a :

$$\frac{dn}{dt} = \frac{(n^2-1)(n^2+2)}{6n} \cdot \frac{D_0}{D} \cdot \frac{d\frac{D}{D_0}}{dt}.$$

Il faut donc multiplier par $\frac{(n+1)\,(n^2+2)}{6n}$ le nombre donné par la formule de Gladstone, ce qui donne :

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}000524.$$

Le nombre fourni par la formule de M. Lorentz est plus rapproché que le premier ; elle paraît dans ce cas bien représenter le phénomène. Il n'y aurait d'ailleurs que peu

d'avantage à y remplacer n par le terme constant de la formule de Cauchy, étant donnée la faible variation de $\frac{dn}{dt}$ avec la longueur d'onde.

IV. ALCOOL.

75. — J'ai cherché à obtenir de l'alcool aussi exempt d'eau que possible. Pour cela j'ai mis de l'alcool à 90 °/₀ du commerce à digérer pendant plusieurs jours sur de la chaux vive et je l'ai distillé deux fois sur de la chaux vive. Le liquide obtenu ne donnait aucun trouble dans la dissolution d'alcoolate de baryte (1).

Pour déterminer la variation d'indice, j'ai employé le même appareil que pour le térébenthène (§ 72). J'ai fait trois séries de mesures entre 11° et 21°; il en ressort que dans cet intervalle de température, la variation d'indice est proportionnelle à la température; y, différence de température qui produit le passage d'une frange, est constant. On peut alors le calculer au moyen de toutes les observations d'une série par la méthode des moindres carrés (§ 66).

Voici une de ces séries, la troisième, avec le résultat du calcul :

Tempér. observée.	Tempér. corrigée.	Tempér. calculée.	Diff. Observ.—Calc.
20°,45	20°,279	20°,298	— 0,019
19 ,47	19 ,291	19 ,274	+ 0,017
18 ,45	18 ,263	18 ,250	+ 0,013
17 ,40	17 ,202	17 ,226	— 0,024
16 ,41	16 ,210	16 ,203	+ 0,007
15 ,38	15 ,175	15 ,179	— 0,004
14 ,39	14 ,180	14 ,155	+ 0,025
13 ,35	13 ,136	13 ,131	+ 0,005
12 ,32	12 ,102	12 ,107	— 0,005
11 ,29	11 ,069	11 ,083	— 0,014

(1) Berthelot. — *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e S., t. XLVI, p. 180.

On en déduit pour y la valeur 1,0239 avec une erreur moyenne égale à $\pm$ 0,0019.

Cette série est la meilleure des trois; les autres conduisent aux valeurs de y et aux erreurs moyennes suivantes :

y	Err. moy.
1,0146	$\pm$ 0,0053
1,0253	$\pm$ 0,0056

J'adopte pour y la moyenne de ces trois déterminations, en attribuant à chacune d'elles un *poids* inversement proportionnel à l'erreur moyenne. Cette valeur moyenne est

$$y = 1,0222.$$

Pour avoir la variation de l'indice, il faut porter ce nombre dans l'équation

$$\frac{d\,(S-L)}{dt} = \frac{\lambda}{ey} - (S-L)\,\mu.$$

J'ai pris pour L la moyenne des nombres déduits, pour la température de 16°, des mesures de Dale et Gladstone, de Wüllner, de Landolt et de M. Fouqué; on a L = 1,3634. Le terme $(S-L)\,\mu$ est égal à 0,00000134. On trouve alors

$$\frac{d\,(S-L)}{dt} = +\ 0,0004116$$

$$\frac{dL}{dt} = -\ 0,0004179.$$

76. — Parmi les expériences antérieures se trouvent d'abord celles de Dale et Gladstone (1). Ces savants donnent les indices de l'alcool pour les raies A, D, H à des tempéra-

(1) Dale et Gladstone. — *Philos. Trans.* for 1858, p. 887.

tures distantes de 5° entre 10° et 50°. Les indices pour la raie D conduisent à la valeur suivante

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}0004003 - 0{,}000000272\ t;$$

ce qui donne pour 16°, température moyenne de mes expériences, — 0,0004041. Il faut ajouter — 0,0000015, produit de l'indice de l'alcool par la variation d'indice de l'air, ce qui donne

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}000\,405\,6,$$

nombre voisin de celui que j'ai obtenu.

M. Fouqué (1) a donné des mesures de l'indice de l'alcool ; des expériences entre 13° et 50° on tire :

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}000\,388\,2 - 0{,}000\,000\,488\ t,$$

d'où, pour 16° et par rapport à l'air froid,

$$\frac{dn}{dt} = -0{,}0003961.$$

Les expériences entre 50° et 75° conduiraient à un nombre beaucoup plus fort — 0,000 47. Les indices donnés par M. Fouqué sont d'ailleurs notablement plus élevés que ceux donnés par d'autres observateurs.

Landolt (2) n'a pas mesuré l'indice de l'alcool pour la raie D, mais pour les trois raies de l'hydrogène, entre 12° et 28°. En calculant, d'après ses expériences, la dérivée de l'indice pour ces trois raies, on trouve :

Raie	$\frac{dn}{dt}$
C	— 0,000 401
F	— 0,000 410
γ	— 0,000 413

(1) Fouqué. — *Ann. de l'Observ. de Paris*, t. IX ; 1867.
(2) Landolt. — *Pogg. Ann.*, t. CXXII, p. 545.

ce qui, par interpolation, donne pour la raie D un nombre qui se confond sensiblement avec celui de Dale et Gladstone.

Wüllner (1) donne également les indices de l'alcool pour les trois raies de l'hydrogène, et représente les résultats entre 15° et 25° par des formules linéaires. Les coefficients qu'il donne sont plus faibles que ceux tirés des expériences de Landolt.

Raie	$\frac{dn}{dt}$
—	—
C	— 0,000 389
F	— 0,000 392
γ	— 0,000 395
D (Calc.)	— 0,000 390

77. — J'ai cherché enfin quelle serait pour l'alcool la dérivée de l'indice qu'on pourrait déduire des formules de Gladstone et de M. Lorentz. J'ai pris pour cela les formules données par Is. Pierre et par H. Kopp pour la dilatation de l'alcool. On est conduit aux valeurs moyennes suivantes relatives à la température de 16° :

$$\frac{D}{D_0} = 0,983\,2$$

$$\frac{1}{D_0} \cdot \frac{dD}{dt} = -0,001\,056\,5.$$

En prenant pour indice à 16° 1,3634, on trouve par la formule de Gladstone

$$\frac{dn}{dt} = -0,000\,391,$$

valeur assez voisine de la valeur observée, et par la formule de Lorentz

$$\frac{dn}{dt} = -0,000\,435,$$

(1) Wüllner. — *Pogg. Ann.*, t. CXXXIII, p. 1.

valeur un peu plus rapprochée du nombre — 0,000 418 que j'ai obtenu, mais s'en éloignant en sens contraire.

RÉSUMÉ

78. — En résumé, j'ai, dans ce travail purement expérimental, donné les variations d'indice par la chaleur de deux corps importants au point de vue optique, l'eau et le quartz J'ai cherché avant tout à faire des mesures exactes, particulièrement par une détermination précise des températures.

J'ai appliqué dans ces recherches une méthode nouvelle, que je crois plus exacte que celle du prisme, et plus facile à employer que les autres méthodes interférentielles. Cette méthode ne comporte pas de corrections, et peut s'appliquer à des corps de petite dimension, tels que la plupart des cristaux naturels.

J'en ai montré l'application à deux corps naturels, dont l'un, le béryl, m'a conduit à ce fait intéressant d'un corps dont la double réfraction augmente avec la température.

J'ai appliqué la méthode à quelques liquides ; en comparant les résultats expérimentaux aux nombres tirés des formules qui établissent une relation entre la densité et l'indice, je vérifie que dans tous l'indice diminue plus rapidement que ne l'indique la loi de Gladstone, moins rapidement que ne l'indiquerait la formule de Lorentz, l'écart étant à peu près le même de part et d'autre.

Enfin, accessoirement, j'ai déterminé les indices pour différents rayons de l'eau et du sulfure de carbone, avec une précision que je crois assez grande, à cause des soins que j'ai pris pour éliminer l'action perturbatrice des variations de température.

Cristallisation de la calcite en présence d'une solution de chlorure de calcium.

PAR MM. FRIEDEL ET EDMOND SARASIN.

Ayant observé dans quelques-unes de nos expériences sur la reproduction des silicates par voie aqueuse la formation de jolis rhomboèdres de calcite, nous avons essayé de faire cristalliser cette substance seule, dans des conditions analogues à celles où elle s'était ainsi formée.

Nous avons chauffé dans notre tube d'acier garni de platine à une température voisine de 500° pendant 10 heures environ, le carbonate de chaux provenant de la précipitation de 3 gram. de chlorure de calcium par le carbonate de sodium, avec une solution de 10 gr. de chlorure de calcium fondu neutralisé, dans 60 à 70 centimètres cubes d'eau.

Nous avons obtenu ainsi une poudre cristalline formée de rhomboèdres primitifs de calcite ; un assez grand nombre de ces rhomboèdres présentent la base ; il y a aussi quelques lamelles fortement basées, analogues à celles que l'on rencontre dans certains filons des Alpes.

Dans une deuxième expérience, nous avons ajouté à l'eau 20 gr. de chlorure de calcium au lieu de 10 et nous avons obtenu une très belle cristallisation de calcite en rhomboèdres primitifs assez grands pour pouvoir être mesurés facilement, au goniomètre de réflexion. Nous avons trouvé pour l'angle des normales 74°54', 74°52, 74°55'. Les rhomboèdres sont souvent groupés de manière à former des ai-

guilles allongées dans le sens de l'axe, toutes les facettes des divers rhomboèdres miroitant ensemble, et les arêtes de celui qui termine l'aiguille s'allongeant plus que le reste des faces de manière à former comme le squelette d'un cristal plus grand, ainsi que cela a lieu souvent dans la cristallisation rapide des sels.

Le chlorure de calcium peut donc favoriser la cristallisation du carbonate de calcium, et cela probablement par une dissociation partielle et passagère en chaux et acide chlorhydrique, ce qui doit avoir pour conséquence des décompositions et reproductions successives du carbonate dont les cristaux grossiraient ainsi.

L'eau pure ne produit rien de pareil.

Il ne s'est pas formé d'aragonite, même pendant la période de refroidissement, qui dure pourtant quelques heures.

Argile rose des environs de Nantes (1).

(Essais et analyse par M. A. Damour.)

Traitée par l'eau froide, la matière se délite en flocons qui tombent lentement au fond du vase et se resserrent en une masse conservant la couleur rose.

Traitée par l'acide chlorhydrique dilué une petite quantité de matière se dissout ; il reste un abondant dépôt insoluble qui conserve la couleur rose et qui est formé de cristaux comme l'était la matière minérale avant le traitement par l'acide.

Après lavage, le minéral étant chauffé au rouge orangé devient blanc et fond en un émail adhérent aux parois du creuset en platine dans lequel il était placé. Par cette calcination, il perd 21,70 pour 0/0 de son poids.

(1) Voir *Bulletin de la Société minéralogique de France*, t. VII, nº 4, page 118.

Fondu avec le carbonate de soude, il donne la réaction du manganèse.

La partie soluble dans l'acide chlorhydrique renferme de l'alumine, de l'oxyde de fer, de la chaux, de la magnésie et un peu de potasse.

Un gramme de matière, étant traité à froid par l'acide chlorhydrique, a donné en centièmes :

Matière soluble dans l'acide.

Silice.	0,68
Alumine.	0,28
Chaux.	1,24
Magnésie	0,62
Potasse.	0,13
	2,95
Matière inattaquée =	97,05
	100,00

La partie inattaquée par l'acide contenait en centièmes :

			Oxygène		Rapports
Silice.	53,11	=	28,32	—	5
Alumine	21,22	=	9,88	—	1
Oxyde ferreux . . .	1,04				
Oxyde manganeux .	0,40				
Magnésie.	2,32				
Potasse.	0,79				
Eau	21,70	=	19,28	—	2
	100,58				

$$2\,Al^2\,O^3,\ 9\,Si\,O^2 + 12\,H^2O.$$

La densité de cette argile est = 2,07.

Sur un nouveau groupement réticulaire de l'orthose de Four-la-Brouque (Puy-de-Dôme).

PAR M. F. GONNARD.

M. Mallard a montré que l'hémitropie parallèle de l'orthose, connue sous le nom de macle de Carlsbad, n'est, pour ainsi dire, qu'une hémitropie approximative, l'arête m/m autour de laquelle s'est effectuée la rotation d'un des cristaux composants par rapport à l'autre, n'étant pas un axe binaire, mais seulement pseudo ou quasi-binaire.

La constance remarquable de cette macle prouve que la nature se contente volontiers d'à peu près dans ces groupements réticulaires, de même d'ailleurs que dans les groupements moléculaires, que Leymerie désignait par le nom de plésiomorphiques, réservant celui d'isomorphiques au premier système cristallin.

J'ai trouvé récemment, parmi des cristaux d'orthose de Four-la-Brouque, un groupement non encore décrit, à ce que je crois du moins, et qui indique que l'arête m/m n'est pas seulement un axe quasi-binaire, mais aussi quasi-ternaire, conformément à l'opinion émise par M. Mallard, (*Bull. de la Soc. min.*, 1884, tome VII), et, par conséquent, quasi-sénaire.

Dans ce groupement, en effet, les deux cristaux d'orthose constituant la macle sont assemblés de telle sorte que l'arête m/m de l'un coïncide avec l'arête m/g^1 de l'autre ; la face g^1 visible de celui-ci et une des faces m du premier forment deux plans parallèles très-rapprochés, à peine distants de $\frac{1}{10^e}$ de millimètre ; les deux autres faces m superposées ne sont pas exactement parallèles ; ce qu'on peut

prévoir, l'angle de m sur g^1 étant de 120° 36′, et celui de m sur m de 118° 48′ ; mais, la différence, 1° 48′, est à peine sensible à l'œil nu.

Si donc l'on considère les deux cristaux dans la position de la macle de Carlsbad, l'un d'eux, pour occuper celle qu'il a dans le groupement ci-dessus décrit, a tourné, autour de l'axe quasi-binaire, du supplément de l'angle de m sur g^1, c'est-à-dire de 59° 24′, nombre voisin de 60°. En d'autres termes, si l'on prend deux cristaux d'orthose disposés parallèlement l'un à l'autre, il faut faire tourner l'un d'eux de près de 120° autour de l'arête m/m, pour obtenir ce groupement réticulaire. L'arête m/m est donc un axe quasi-ternaire ; étant déjà un axe quasi-binaire, elle est par suite comme je l'ai dit précédemment, un axe quasi-sénaire.

5 juillet 1885.

Sur les groupements de la martite du roc de Cuzau, au Mont-Dore.

PAR M. F. GONNARD.

On connaît depuis longtemps les druses que forme la martite sur le trachyte du roc de Cuzau, au mont Dore ; les échantillons de cette épigénie par suroxydation, plus ou moins avancée, de la magnétite se trouvent assez fréquemment parmi les éboulis qui descendent de cette crête sur les pentes escarpées du ravin. Ce qui est moins connu, ce sont les groupements qui forment les cristaux de martite, et que l'on n'a rencontrés que dans une cavité naturelle située près du sommet du Cuzau, d'un accès fort dangereux, et où personne ne s'est guère aventuré, je crois, sinon un tailleur de pierres du village des bains, nommé Michel Bouchaudy ; son ancienne profession de berger et son

habitude des excursions dans la montagne l'ont familiarisé avec les difficultés d'une telle ascension. C'est de cet homme dont j'ai essayé de faire un guide pour les minéralogistes, que je tiens un certain nombre de ces intéressants groupements de cristaux de martite.

Certains de ces groupements offrent un empilement d'octaèdres analogues à ceux décrits par M. Vélain dans les basaltes de l'île de la Réunion ; seulement ici, presque constamment, ces empilements sont ordonnés régulièrement suivant trois directions rectangulaires entre elles, de manière à figurer les trois arêtes d'un cube.

L'une des arêtes, qui peut être considérée, si je puis dire, comme l'arête maîtresse, semble jouer ici le rôle du fil dans les bassines où l'on fait cristalliser le sucre candi ; c'est sur le prisme rectangulaire qui la constitue, prisme très allongé et terminé par un octaèdre, que vient prendre naissance toute une série de prismes secondaires semblables, parallèles entre eux, plus ou moins étranglés, quand l'empilement des octaèdres se fait suivant des sections plus ou moins rapprochées de la pointe ; enfin, de chacun de ces derniers prismes partent encore des séries de prismes plus petits, terminés comme les autres.

Cette disposition des prismes secondaires pouvant se répéter dans deux, trois ou quatre directions, on comprend que ce qu'on peut appeler les prismes tertiaires soient enchevêtrés. Toutefois, la position des octaèdres terminaux donne à ces groupements une certaine régularité, qu'altèrent à peine quelques cristaux disséminés au hasard sur les prismes ; ce qui me fait préférer pour caractériser ces assemblages l'expression de groupements à celui d'agrégats.

27 juin 1885.

Observations à propos d'une notice de M. Œbbeke sur quelques minéraux du rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont-Dore).

PAR M. F. GONNARD.

M. K. Œbbeke a, dans un récent mémoire, inséré au n° 2 du *Bulletin* de cette année, et intitulé : « Sur quelques minéraux du rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont-Dore) » donné à la Société un travail d'un intérêt très marqué d'une manière générale, mais plus vif encore pour un minéralogiste auvergnat. C'est cette raison qui m'amène à venir présenter ici quelques considérations relatives aux gisements des divers minéraux étudiés par ce savant et de quelques autres associés à ceux-ci.

Je ne m'occuperai dans cette note que de ce qui touche le Capucin.

Rappelant, dès le début de son mémoire, les *Études pétrographiques* de M. von Lasaulx, M. Œbbeke dit qu'il n'a pu, dans la roche du Capucin, trouver la hornblende, soit à l'œil nu, soit au microscope. D'autre part, l'abondance, d'un plagioclase dans les échantillons communiqués par M. Groth à M. Œbbeke amène ce dernier à considérer la roche du Capucin comme une andésite à mica noir, alors que M. von Lasaulx la regarde comme un véritable trachyte à sanidine. Cette divergence d'opinions s'explique aisément pour celui qui, ainsi que j'ai pu le faire pendant plusieurs années, a étudié sur place les roches si variées qu'offrent à l'examen du géologue les nombreuses coulées de l'ancien volcan. C'est qu'en effet les échantillons, étudiés successivement par divers savants, sont évidemment différents.

La roche du Capucin, regardée par Lecoq comme un gros

dyke, qui a percé la nappe de trachyte gris, sur le bord de laquelle il est placé (*Époques géologiques*, t. III, p. 215), serait au contraire, d'après M. von Lasaulx, peut-être une énorme coulée reposant sur la coulée ancienne de Rigolet-haut ; « dann, dit-il, nirgendwo lassen sich die Spuren eines Niedergehens in die Tiefe erkennen. »

Pour le noter en passant, cette opinion de M. von Lasaulx me semble avoir quelque raison d'être. J'ai rencontré en effet, non loin de la grande Cascade, et sur le sentier même qui y conduit, d'assez gros blocs de trachyte du Capucin, en partie recouverts par les éboulis, mais bien reconnaissables aux ségrégations violâtres intercalées dans leur masse, et renfermant les minéraux caractéristiques de ces ségrégations, soit : tridymite, hypersthène, etc. Comme il serait assez difficile d'admettre que ces blocs aient été transportés des flancs du Capucin, c'est-à-dire, de l'autre côté de la vallée et normalement à son grand axe, alors que l'érosion devait se produire dans la direction de ce dernier, on arrive sans efforts à l'hypothèse de M. von Lasaulx ; et les blocs, restés sur le sentier de la grande Cascade ou dans le voisinage, sont les témoins laissés par l'érosion.

Quoi qu'il en soit, au reste, de ces vues diverses sur l'origine de cette énorme masse, il est manifeste qu'elle a englobé, dans son arrivée au jour, des roches de nature variée ; et il résulte, d'un simple examen macroscopique de celles-ci, que l'on peut en compter au moins trois. L'expression de « sorte de domite caverneuse » employée par M. Des Cloizeaux pour désigner les roches à hypersthène du Capucin, expression rappelée par M. OEbbeke, n'indique qu'assez vaguement deux des trois espèces de roches dont je parle. On fera, pour arriver rapidement à cette distinction, utilement appel aux caractères extérieurs

des deux variétés d'hypersthène et à leur association avec les autres minéraux, zircon, tridymite, etc. Ainsi, l'hypersthène vert clair ou vert brun pâle, accompagné de cristaux filiformes de zircon rose, tapisse de petites soufflures à enduit blanc (de tridymite altérée?) dans une roche grisâtre ou gris bleuâtre, grenue et d'aspect homogène. Mais, cette roche, dont les échantillons paraissent avoir été, à une certaine époque, assez répandus dans les collections, n'est nullement la roche du Capucin. Aussi, M. Œbbeke fait-il remarquer qu'elle ne ressemble pas à la roche jaunâtre à ségrégations violâtres.

Le même hypersthène vert clair, toujours accompagné de zircons roses et de tridymite, se trouve encore dans les vacuoles d'un trachyte verdâtre, qui, à l'encontre du précédent, est caractérisé par la présence de nombreux prismes de hornblende dans sa masse, et rappelle la domite amphibolifère du petit puy de Cocuset.

Je n'indiquerai aucun gisement pour cette roche, non plus que pour la précédente ; car, en réalité, il n'y en a pas de spécial; et, partout où l'on trouve des blocs isolés et accessibles de trachyte du Capucin, on rencontre ces roches emballées dans ce dernier en masses plus ou moins volumineuses. Ce qui me paraît surtout les distinguer des ségrégations violâtres, quant aux espèces minérales que renferment ces espèces de roches, c'est, d'une part, l'association constante du zircon rose avec l'hypersthène vert ou vert brun pâle; car, dans cette troisième espèce de roche, la plus abondamment disséminée dans le trachyte du Capucin, et aussi le plus immédiatement reconnaissable à sa couleur foncée, qui tranche sur la teinte claire du sanidintrachyte, je n'ai jamais vu le moindre cristal de zircon ; et, de plus, l'hypersthène y est toujours d'un brun plus ou moins foncé. Enfin, la tridymite s'y montre en cris-

taux de dimensions remarquables pour l'espèce; j'ai pu en recueillir des lamelles ayant plus de 7 millimètres de diamètre.

Ces ségrégations, que M. Cohen a reconnues composées de cordiérite, de grenat et de magnétite, sont aussi plus riches en minéraux variés. Ainsi, en dehors de la tridymite et de l'hypersthène brun, elles renferment un plagioclase verdâtre dont la cassure montre les fines stries; l'almandin, souvent informe, mais dont, parfois, les faces dégagées de la gangue offrent, bien que ternes, la combinaison assez nette b^1 a^2; de petits octaèdres de magnétite; des lamelles d'oligiste irisé. J'y ai observé de petites houppes blanches d'un minéral insoluble dans l'acide chlorhydrique, mais que je n'ai pu spécifier, à cause du peu de matière disponible. Enfin, j'ai eu la bonne fortune d'y découvrir de la cordiérite cristallisée, ainsi que la néphéline.

Les cristaux de cordiérite se trouvent, très rarement d'ailleurs, dans les parties scoriacées; ils ont, au plus, deux millimètres de long sur un millimètre à un millimètre et demi de diamètre; leur couleur violâtre est d'une nuance plus claire que celle de la gangue, presque noire ou rubéfiée par bandes. En partie empâtés dans la roche mère ou dans le trachyte, souvent recouverts de lamelles de tridymite, de cristaux d'hypersthène ou d'un enduit très mince, (sans doute siliceux), ils semblent, quand on les en a dégagés, striés suivant la longueur. J'ai rencontré également une druse de ces petits cristaux couchés et en partie libres dans la pâte du trachyte. On en aperçoit parfois quelques-uns isolés, autour ou à faible distance des nodules de cordiérite. Cette remarque s'applique à l'hypersthène, que M. Œbbeke dit n'avoir pas trouvé dans l'andésite elle-même.

Quant à la néphéline, je n'en ai trouvé que deux échan-

tillons bien nets; et j'avais, à la fin de 1879, communiqué cette découverte à M. vom Rath. C'est au milieu de masses noires, micacées, que se sont développés librement de petits prismes hexagonaux simples, d'à peine un millimètre de hauteur, d'aspect vitreux, solubles dans l'acide chlorhydrique, avec légers flocons de silice. Leur faciès les rapproche de la variété limpide du Vésuve. Dans ses *Études pétrographiques*, M. von Lasaulx avait cité, comme inclusions dans l'augite du Capucin, de « petites sections hexagonales, de couleur grise, à forme irrégulière ou un peu tordue, isolées dans un grand cristal.» Et il ajoutait : « Est-ce de la néphéline ? C'est ce qu'il est difficile de décider; il n'en a été trouvé trace ni dans un cristal, ni dans le magma. » La prévision hypothétique du savant pétrographe de Bonn s'est trouvée réalisée par la découverte ci-dessus.

Je me suis servi jusqu'ici, pour désigner les nodules de cordiérite compacte, de l'expression de « ségrégations »; elle n'est pas exacte. Cette expression me semble impliquer, en effet, une idée d'agglomération d'une partie des éléments constitutifs d'une roche en tel ou tel point de sa masse; et c'est ainsi qu'on peut, il me semble, désigner ces nodules très micacés, qu'on observe dans certains granits. Ce n'est pas le cas ici; et le mémoire de M. Œbbeke renferme une notice de M. Groth, à l'opinion duquel je me rallie complètement. M. Groth a remarqué que ces ségrégations (il se sert de ce terme) ont une struture schisteuse, à couches alternantes de cordiérite grenatifère et de parties plus claires à tridymite; ces couches ont une épaisseur variable et affectent parfois une forme lenticulaire; enfin, elles rappellent la structure gneissique. L'un des échantillons examinés par M. Groth renferme au centre une masse granuleuse de quartz limpide, entourée et

pénétrée de tridymite. « On dirait, ajoute l'observateur, que cette tridymite n'est qu'un résultat de transformation du quartz, et que les grains de quartz distribués dans la tridymite ne sont que les restes non altérés du minéral original. » M. Groth conclut en disant : « Par suite de cette observation, il me sera permis d'établir ici l'opinion que ces parties violâtres, riches en tridymite (roche à tridymite, Gonnard), ne sont que des enclaves d'une roche cristalline ancienne, riche en cordiérite et en grenat, dont le quartz a donné naissance à la tridymite. Mais, il faut qu'une telle opinion soit prouvée par des études plus détaillées que celles qu'il m'a été possible de faire pendant mon séjour trop court dans cette région intéressante. »

Ainsi que M. Groth, j'ai, depuis longtemps, observé dans la roche du Capucin ces intercalations gneissoïdes de cordiérite avec quartz limpide et tridymite, et, ainsi que ce que j'ai avancé précédemment le fait pressentir, je pense que ces masses sont non pas, comme on l'a dit, les produits d'une injection de cordiérite en fusion dans la roche du Capucin, mais bien des fragments épars d'une roche primordiale amenée au jour par le trachyte à sanidine. On s'expliquerait mal cette injection, si discontinue, de ce mélange de cordiérite, magnétite et grenat, dont le principal composant, la cordiérite, est si difficilement fusible. Et, d'autre part, au Mont-Dore on constate aisément ce fait général, savoir : que toutes les roches renfermant toutes ces associations de minéraux presque microscopiques appartiennent à des roches préexistantes. Et ce n'est guère que dans ces masses métamorphisées, ayant subi un recuit ou à une faible distance d'elles, que cette microminéralogie s'est abondamment développée. C'est ainsi, pour citer un exemple entre autres, que dans certains nodules emballés du Riveau-Grand, on voit les sanidines, effrittés à la

surface, laisser entre eux et la roche qui les contient un espace vide que remplissent plus ou moins de petits cristaux orangés de Szaboïte (hypersthène de Krenner) (1). Très rarement j'ai trouvé l'hypersthène dans un trachyte non emballé; encore fais-je une réserve à cet égard! La tridymite s'est disséminée davantage, et devient presque un élément accessoire de certaines roches.

D'où peut venir maintenant cette roche à cordiérite? La réponse ne me semble pas très difficile. La cordiérite avec ses dérivés constitue, en effet, une des espèces minérales le plus abondamment disséminées dans les roches cristallines du plateau central; on la trouve partout sous ses diverses transformations, praséolite, chlorophyllite, pinite, etc. Outre les exemples, depuis longtemps classiques, des porphyres pinitifères de Saint-Pardoux, de Manzat, de Pranal, de Bromont, de Mont-la-Côte, de Saint-Avrit, etc.; des granits également pinitifères de Durthol, de Chanat, de Ternant, de Côte-Verse, etc.; j'ai signalé, en 1882 (*Bull. de la Soc. min.*, n° 2), la praséolite des granits de la tranchée du chemin de fer de Pontgibaud; plus tard, les mêmes roches à praséolites du Puy-de-Montot, commune de la Goutelle, qu'un autre observateur, M. Brihat, a retrouvées sur les bords de la Miouse. En 1883, M. Michel-Lévy, annonçait (*Bull. de la Soc. min.*, n° 9) l'existence d'une vaste région de gneiss à cordiérite, au nord-ouest de Clermont-Ferrand. Jusqu'où s'étend-elle sous la masse des volcans qui la recouvre? Tout récemment des travaux de percement de galerie exécutés par la Compagnie des mines de Pontgibaud, au-dessous de l'étang de Bromont-Lamothe, ont mis au jour une roche remarquable par les nombreux et beaux cristaux de praséolite qu'elle renferme. C'est à la galerie dite « des Biaux » que se trouve cette roche, qui

(1) M. Œbbeke a aussi observé le même fait pour la magnétite.

offre avec celle de Bräkke, en Norvège, une frappante ressemblance. Il n'y a pas, pour le noter en passant, jusqu'au développement des apatites dans la traînée tourmalinique de Roure, qui est au voisinage, qui ne vienne compléter l'analogie avec les beaux gisements de phosphate de chaux de Bamle. Si l'on rapproche de ces données une ancienne observation de Fournet sur la cordiérite du basalte de la côte d'Anchal; si, en outre, on interroge les géologues du plateau central, et les réponses seront nombreuses (cordiérite de Denise, pinite de Limandre, de Saint-Privat d'Allier, chlorophyllite du Vizézy, pinite de la Loire, etc), on verra que, comme je l'avançais plus haut, la cordiérite et ses dérivés constituent une espèce extrêmement répandue dans les formations granito-gneissiques du centre de la France. Il n'est donc nullement étonnant de retrouver les roches à praséolite déshydratée ou à cordiérite emballées dans les puissantes masses, dykes ou coulées, du Capucin. Ce qui doit étonner au contraire, c'est de ne pas les retrouver dans les autres coulées de l'ancien volcan ou dans les déjections de la chaîne des puys, alors que, dans la composition du substratum cristallin, qui porte le majestueux appareil volcanique du plateau central, ce minéral et ses dérivés ont pris une place si importante.

5 juillet 1885.

Note sur une nouvelle face du gypse,

PAR M. G. CESÀRO.

Dans un échantillon de gypse provenant du Tyrol nous avons observé une particularité remarquable. La plupart des cristaux ont la forme représentée par la figure 1 (Pl. IV) et sont hémitropes. Le plan d'hémitropie, parallèle à h^1, est

généralement placé en AB, mais assez souvent ce plan est reculé en CD, de façon qu'il existe dans le cristal de gauche une facette t qui ne se trouve pas dans le cristal de droite : l'angle mm est en moyenne de 111°23′ et $\widehat{ee} = \widehat{\varepsilon\varepsilon} = 138°45'$; m sont donc les faces du primitif ; les traces des faces e et ε sur g^1 étant parallèles au plan du clivage fibreux, e et ε auront pour notation e^1.

Dans le premier cristal où nous avons fait cette observation les faces t et e étaient en coïncidence parfaite et ne donnaient qu'une seule image au goniomètre : de ce fait on peut déduire une relation entre les éléments cristallographiques du gypse.

Cherchons à cet effet la notation de t. Prenons (fig. 2) pour plan vertical de projection le plan de symétrie commun aux deux cristaux, pour plan horizontal le plan mené par le centre perpendiculairement à l'axe des z. La face t aura pour traces e'_1 et e_1, la première étant parallèle à l'axe OX du cristal de droite. Cherchons la valeur du segment OA que t coupe sur l'axe OX′ du cristal de gauche. Nous avons :

$$OA = cA, \text{ et } OA = \frac{c}{2\cos\theta}.$$

La notation de t sera donc :

$$\frac{2a\cos\theta}{c} \cdot 1 \cdot 1$$

Il faut que $\frac{2a\cos\theta}{c}$ soit un nombre commensurable simple.

D'après les données adoptées par M. Des Cloizeaux, $\frac{2a\cos\theta}{c} = 1{,}45072$. En prenant $\frac{2a\cos\theta}{c} = \frac{3}{2}$, t aurait pour

notation : $322 = b^1 b^{1/5} h^{1/2}$, et il existerait entre les dimensions du gypse la relation : $\frac{a \cos \theta}{c} = \frac{3}{4}$, qui peut aussi s'écrire :

$$\frac{tg \cdot (ph^1)}{tg \cdot (a^{1/2} h^1)} = \frac{5}{3}. \qquad (1)$$

Comme on pouvait supposer que la face t appartînt à un prisme placé entre I et II, et orienté comme ce dernier, et que, par conséquent, elle ne fût autre chose qu'une face e^1, nous avons examiné à la lumière polarisée une lame de clivage. La région où la face t se trouve s'éteint en même temps que le cristal I.

Ayant cherché d'autres cristaux semblables à celui que nous venons de décrire, nous avons trouvé la face t sur beaucoup d'individus ; mais, dans les cristaux bien développés, cette face fait avec e (fig. 1) un petit angle assez variable, compris entre 2° et 3°. Si la face t avait pour notation 322, d'après les données admises, l'angle dont nous venons de parler devrait être de 1°21′. La variabilité de cet angle pouvant provenir de ce que le plan d'assemblage ne coïncide pas rigoureusement avec h^1, nous avons rapporté la face t directement aux faces du cristal I.

Les faces t sont ordinairement au nombre de deux et appartiennent au même cristal ; cependant, dans un assemblage, représenté en projection horizontale par la figure 3, nous avons remarqué que chaque individu porte une seule facette. Les données dont nous sommes parti pour chercher la notation de la face t sont :

$$(te^1)_s = 47°30'$$
$$(tt)_s = 40°48'$$

(1) En prenant pour valeur de $\frac{2a \cos \theta}{c}$ la deuxième réduite $\frac{13}{9}$, t aurait pour notation $b^{1/4} b^{1/22} h^{1/9}$.

Ces mesures ont été prises sur un cristal dans lequel ces faces étaient assez réfléchissantes pour pouvoir placer les mires à environ 7 mètres de distance.

Les faces ε, t, e (fig. 1) étant en zone, il est évident que t appartient à la zone h^1e^1, dont l'équation est $y = z$: le premier angle mesuré servira à confirmer cette assertion qui pourrait être infirmée par l'irrégularité de la position du plan d'hémitropie.

Les distances angulaires des pôles des faces h^1, e^1, 322 étant calculées, si l'on désigne la face t par xyy, on a :

$$\frac{x}{y} = \frac{3 \sin 66^\circ 31' \times \sin 47^\circ 30'}{2 \sin 64^\circ 38' \times \sin 45^\circ 37'} = 1{,}571 = \frac{11}{7}. \qquad (1)$$

En calculant l'angle $(11{\cdot}7{\cdot}7)(11{\cdot}\bar{7}{\cdot}7)_s$, on trouve $40^\circ 28$.

En résumé, voici les angles calculés et mesurés :

CALCULÉ		MESURÉ
$e^1e^1 = 138^\circ 28'$	${}^1e^1_{\text{hémit.}} = 135^\circ 44'$	
$(322)(\bar{3}22) = 138^\circ 53'$	$(322)e^1 = 134^\circ 23'$	$tt = 139^\circ 12'$
$(11{\cdot}7{\cdot}7)(11{\cdot}\bar{7}{\cdot}7) = 139^\circ 32'$	$(11{\cdot}7{\cdot}7)e^1 = 132^\circ 29'$	$te^1 = 132^\circ 30'$

Donc $t = 11{\cdot}7{\cdot}7 = b^{1/4}b^{1/18}h^{1/7}$.

La figure 4 montre la forme générale des cristaux dont nous venons de parler ; la figure 5 indique la position du pôle de la face t sur la sphère de projection.

Liège, le 1er juillet 1885.

(1) La première réduite $\frac{3}{2}$ ne satisfait pas, car $(\bar{3}22.e^1)_s = 45^\circ 37'$.

Sur le diagnostic des zéolithes en l'absence de formes cristallines déterminables,

PAR M. A. LACROIX.

Parmi les minéraux d'origine secondaire que l'on rencontre dans les roches, les zéolithes sont des plus abondantes.

La plupart d'entre elles se présentent en masses bacillaires, fibrolamellaires ou fibrocompactes; aussi leur détermination est-elle souvent longue et difficile en l'absence de cristaux. C'est ce cas particulier qui a été envisagé dans ce travail. Je ne m'occuperai donc pas des cristaux nets de ces substances qu'il est facile de déterminer à l'aide de mesures cristallographiques.

De nombreux travaux publiés depuis quelques années ont mis en lumière les assemblages que présentent un grand nombre de ces espèces à formes limites; pour l'objet dont nous nous occupons, il nous suffira de constater les groupements, sans en chercher la raison théorique, et de voir quel parti l'on peut en tirer pour le diagnostic de chacune des zéolithes.

Partant des données cristallographiques connues (1), j'ai passé en revue pour chaque espèce : le système cristallin, les clivages, l'allongement favori et l'aplatissement, la direction et la grandeur relative des indices de réfraction (le signe de l'allongement qui en résulte), la situation du plan des axes optiques et l'écartement des axes, la position et le signe de la bissectrice, la biréfringence maximum, puis les macles et enfin, comme dernier procédé de contrôle, les propriétés chimiques.

Dans le cours de ce travail, j'ai considéré l'ellipsoïde des

(1) Des Cloizeaux, *Manuel de minéralogie* — *Bull. Soc. Min.*, t. II, V, VI, VII.

indices de réfraction et appelé $n_g > n_m > n_p$ le plus grand, moyen et plus petit indice de réfraction correspondant aux axes de l'ellipsoïde.

Chaque section du minéral a été envisagée au point de vue de la grandeur relative des indices de réfraction contenus dans l'ellipse déterminée par cette section dans l'ellipsoïde de la substance; par suite un allongement est dit positif lorsque le plus grand indice de l'ellipse de section coïncide avec l'allongement et négatif dans le cas contraire.

La biréfringence maximum $n_g - n_p$, c'est-à-dire la différence entre le plus grand et le plus petit indice de réfraction, a été mesurée dans les sections parallèles au plan des axes optiques à l'aide du procédé décrit par M. Michel-Lévy (1), qui a bien voulu me guider dans ces mesures. Les couleurs de polarisation indiquées correspondent à une épaisseur d'environ $0^{mm},02$.

Lorsque l'on peut obtenir une petite quantité de la zéolithe à étudier, il est bon de contrôler les résultats auxquels a conduit l'étude optique, par quelques essais chimiques, tels que l'action de l'acide chlorhydrique, la recherche des bases monoxydes à l'aide du procédé Boricky (à l'état de fluosilicates), de l'alumine par le procédé Behrens (à l'état d'alun de cesium).

Ce travail a été fait au Collège de France dans le laboratoire de M. Fouqué, qui a bien voulu m'aider de ses renseignements et de ses conseils.

La plupart des échantillons étudiés ont été recueillis au cours d'une mission qui m'a été accordée par l'École des Hautes Études; les autres échantillons proviennent soit des collections du Collège de France et du Muséum d'histoire naturelle, soit de la collection particulière de MM. Des

(1) *Bull. Soc. min.*, t. VI (1883), p. 143.

Cloizeaux et Damour, que ces savants ont bien voulu mettre à ma disposition, ce dont je tiens à les remercier.

Ce travail ayant un but pratique, et le procédé de diagnostic le plus précis reposant sur l'observation des propriétés optiques en lumière polarisée, les espèces offrant des analogies à ce point de vue physique ont été étudiées ensemble, sans qu'il soit tenu compte dans l'ordre d'exposition de leur composition chimique.

Afin de compléter cette étude, j'ai fait suivre l'examen des zéolithes fibreuses de quelques lignes sur celles des espèces que l'on ne rencontre qu'en cristaux (Brewstérite, harmotome, etc).

Pectolite $(\dot{C}a, \dot{N}a)^5 \ddot{S}i^6 + \dot{H}$.

La pectolite se rencontre en masses fibreuses fragiles (Bergen Hill) ou très compactes (Ratho, près Edinburgh).

Monoclinique. Allongement suivant ph^1 (001) (100). Clivage très facile suivant p (001), moins net suivant $a^{1/2}$ ($\bar{2}01$).

Le plan des axes optiques est parallèle à l'arête ph^1 d'allongement et presque perpendiculaire à p.

La bissectrice est positive (n_g) et perpendiculaire à g^1 (010) ; la normale optique est à peu près perpendiculaire au clivage p.

L'écartement des axes autour de la normale optique est

$$H_0 = 143^\circ \text{ environ.}$$

La biréfringence maximum dans le plan des axes optiques est

$$n_g - n_p = 0{,}0379.$$

Les couleurs de polarisation de semblables sections sont l'orangé de 2me ordre.

La figure 1 fait voir les positions des indices de réfraction et des axes optiques (face voisine de $a^{1/2}$ comprenant le plan des axes optiques).

Zone ph^1. — On voit que le plus grand indice de réfraction (n_g) est parallèle à l'arête d'allongement ph^1. Le signe de l'allongement dans cette zone sera donc toujours positif.

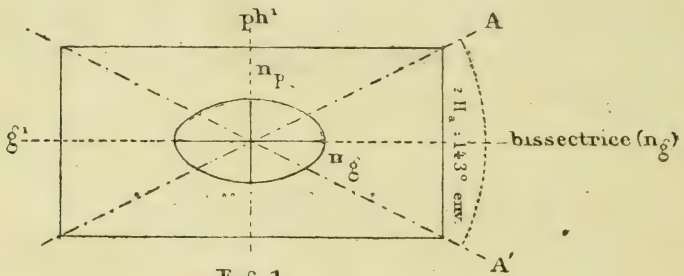


Fig 1

Les sections taillées suivant p n'offrent que les clivages $a^{1/2}$ espacés. Elles sont perpendiculaires à la normale optique.

Dans h^1, au contraire, les clivages $pa^{1/2}$ sont très serrés et rappellent le diallage.

Sections transversales. — Les sections transversales à l'allongement se distinguent facilement : les clivages p et $a^{1/2}$ s'y coupent en g^1 sous un angle voisin de 85° en formant de petits losanges dont les extinctions se produisent suivant les diagonales.

Certaines variétés de pectolite, telles que celle de Ratho, sont constituées par des fibres tellement serrées, qu'il n'est plus possible de distinguer les clivages. Dans ce cas les caractères de biréfringence et d'extinction longitudinale suffisent à eux seuls à faire reconnaître la pectolite.

Diagnostic. — La pectolite peut être confondue avec la

prehnite et la thomsonite (voy. plus loin le diagnostic de ces minéraux) et avec le diallage (sections longitudinales) ou le pyroxène (sections transversales).

Distinction avec le diallage.— Les sections h^1 de la pectolite, grâce à l'abondance des clivages, pourraient être au premier abord confondues avec le diallage. Elles s'en distinguent par leurs extinctions longitudinales. Celles du diallage ayant lieu de 0° à un maximum de 38° 44′.

Le caractère que l'on serait tenté d'emprunter à la biréfringence n'aurait pas grande valeur dans ce cas. En effet, les sections g^1 de diallage, dans lesquelles le clivage h^1 est le plus net, sont parallèles au plan des axes optiques et, par suite, possèdent le maximum de biréfringence du minéral. Les sections h^1 de la pectolite sont perpendiculaires à la normale optique et possèdent des teintes de polarisation voisines de celles du diallage (suivant g^1), la pectolite étant beaucoup plus biréfringente que le diallage.

Distinction avec le pyroxène.— On sait que dans les sections transversales de pyroxène (zone pg^1), les clivages se coupent sous un angle variant de 87° (p) à 0° (g^1). On pourrait donc confondre de semblables sections avec les sections transversales de pectolite dans lesquelles l'angle des clivages p et $a^{1/2}$ a une valeur de 85°. Des sections transversales de pectolite présentent des teintes de polarisation très faibles (gris bleuâtre de premier ordre), car elles sont perpendiculaires à la bissectrice. Dans le pyroxène, au contraire, la bissectrice fait un angle de 67° 10′ avec p et par suite dans les sections perpendiculaires à cette bissectrice les clivages mm (110) ($\bar{1}10$) feront un angle voisin de 50° qui rend facile la distinction des deux minéraux. En outre les sections p de pyroxène ($mm = 87°$) sont beaucoup plus biréfringentes que les sections g^1 ($pa^{1/2} = 85°$) de pectolite.

Essais chimiques. — La pectolite se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique avec dépôt de silice floconneuse.

L'essai Behrens ne donne pas d'alumine.

L'essai Boricky décèle : chaux (dominante), soude.

Prehnite $\dot{C}a^2 \dddot{A}l \ddot{S}i^3 + \dot{H}$.

La prehnite dont les cristaux ont été étudiés récemment au point de vue optique par MM. Des Cloizeaux (1) et Mallard (2) se présente le plus souvent en masses mamelonnées ou en masses fibrocompactes. En lames minces, elle forme des rosettes largement étalées, composées d'éléments divergents.

Orthorhombique. L'allongement a lieu suivant l'arête pg^1 (001) (100). Les éléments fibreux sont souvent aplatis suivant p, direction du clivage facile. Il existe un autre clivage, mais moins net, parallèlement à h^1. Il se manifeste par des cassures transversales.

Le plan des axes optiques est situé parallèlement à g^1. La bissectrice est perpendiculaire à p. Elle est positive (n_g).

L'angle des axes optiques est variable, 2 E = 123 à 129°. L'indice moyen $n_m = 1.626$ (Des Cloizeaux). — 2 V = 67° environ.

La biréfringence maximum dans g^1 est :

$$n_g - n_p = 0.0336.$$

De semblables sections parallèles au plan des axes optiques polarisent dans le bleu verdâtre de deuxième ordre.

(1) *Bull. Soc. min.*, t. V. (1882), p. 125.

(2) *Bull. Soc. min.*, t. V. (1882), p. 70 et 195.

La figure 2 montre la disposition des axes optiques et des indices de réfraction dans g^1.

Zone pg^1. — On voit, d'après la figure 2, que le plus petit indice de réfraction n_p est parallèle à l'arête d'allongement pg^1. Cet allongement sera donc toujours négatif.

Le clivage facile étant parallèle à p, on voit que les sec-

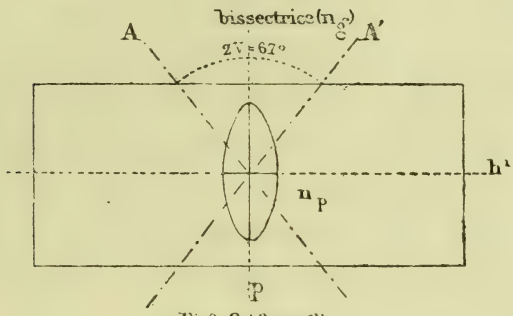


Fig 2 (face g^1)

tions p, perpendiculaires à la bissectrice, ne présentent les traces d'aucun clivage.

La prehnite étant orthorhombique, les extinctions devraient avoir lieu parallèlement à l'arête pg^1, mais il n'en est pas ainsi. La prehnite, comme la plupart des zéolithes, présente de nombreux groupements d'un ordre particulier. Les lames qui par leur assemblage forment la plage ne se superposent pas parallèlement les unes aux autres; les axes de même ordre s'écartent les uns des autres suivant des angles variables et continus. Il en résulte des extinctions moirées rappelant celle de la calcédoine.

D'une façon générale nous les appellerons extinctions zéolithiques.

Sections transversales. — Par suite de l'allongement de la prehnite suivant pg^1, les zones ph^1 et h^1g^1 sont négligeables dans la pratique.

Nous ne nous occuperons que des sections suivant h^1 (010). Si l'on entame superficiellement un sphérolithe de prehnite, on obtient de petites sections allongées suivant l'arête ph^1 à extinctions parallèles aux traces du clivage facile p. Elles sont négatives suivant cet allongement.

Diagnostic. — La prehnite peut être confondue avec la thomsonite (voir plus loin) et avec la pectolite.

Distinction avec la pectolite. — Le caractère distinctif de ces deux espèces réside dans les extinctions zéolithiques et le signe négatif de l'allongement, que ne présente pas la pectolite. On a vu, en effet, que ce dernier minéral avait des extinctions très nettement longitudinales, et que le signe de son allongement était positif. De plus, la netteté de ses clivages, sa plus forte biréfringence, et l'absence d'alumine complètent le diagnostic.

Essais chimiques. — La prehnite est une des zéolithes les moins attaquables par l'acide chlorhydrique ; après calcination l'attaque est très facile et l'on obtient un dépôt de silice gélatineuse. L'essai Behrens donne de l'alumine, l'essai Boricky, de la chaux.

Thomsonite, $2\left[(\dot{C}a, \dot{N}a)\,\dddot{A}l\,\dot{S}i^2\right] + 5\,\dot{H}$.

On trouve la thomsonite soit en petits cristaux (comptonite), soit en longues baguettes incolores et hyalines (Bishopton et Old Kilpatrick) (Écosse), ou en petits sphérolites ou masses mamelonnées d'un blanc nacré (mésole) (Irlande-Feroë).

Orthorhombique. L'allongement a lieu suivant mm (110) ($\bar{1}10$). Le clivage facile se produit suivant g^1, il en existe deux autres moins nets suivant h^1 (010) et p (001). Les aiguilles sont aplaties suivant g^1 (100).

Le plan des axes optiques est parallèle à p (001). La bissectrice est perpendiculaire à g^1. Elle est positive (n_g).

L'angle des axes optiques est variable. 2 E = 85 à 88°.

L'indice moyen $n_m = 1.503$. 2 V = 53°50′.

La biréfringence maximum dans les sections parallèles au plan des axes optiques (p) :

$$n_g - n_p = 0{,}0273.$$

Les couleurs de polarisation qui y correspondent sont le rouge violacé de 2e ordre.

La figure 3 montre quelle est la position des indices de

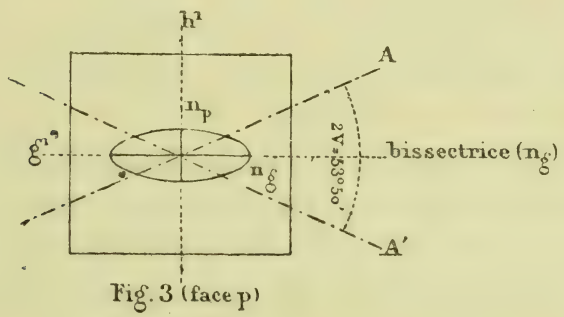


Fig. 3 (face p)

réfraction et des axes d'élasticité dans le plan des axes optiques (p).

Zone mm. — La thomsonite étant allongée suivant *mm* et le plan des axes optiques étant parallèle à p, on voit que la grandeur relative des indices de réfraction contenus dans les ellipses de section de la zone *mm*, c'est-à-dire ce que nous appelons le signe de la section, variera dans h^1 et dans g^1.

En effet, l'indice moyen n_m restant parallèle à l'allonge-

ment mm, h^1 contiendra n_m et n_g, et par suite sera négatif (puisque $n_m < n_g$) fig. 4.

Inversement l'allongement des sections g^1 sera positif, l'indice placé transversalement n_p étant le plus petit de la section ($n_p < n_m$), fig. 5.

Les extinctions se font parallèlement à l'arête d'allonge-

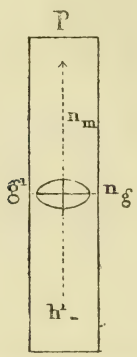


Fig. 4 (face h^1)

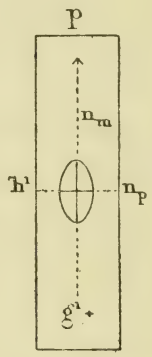


Fig. 5 (face g^1)

ment. Dans la thomsonite, les extinctions zéolithiques sont peu abondantes. Il n'en est pas de même dans la mésole : nous verrons plus loin que cette variété peut être parfois confondue avec la prehnite, si l'on se contente d'un examen superficiel.

Sections transversales. — Dans les sections transversales, les extinctions se font parallèlement aux arêtes. Les sections p sont intéressantes à considérer, car étant parallèles au plan des axes optiques, elles présentent le maximum de biréfringence du minéral. Ces sections sont rectangulaires. Les clivages g^1 et h^1 sont très nets et se coupent à 90°. Les extinctions se font suivant les traces de ces clivages.

Elles sont positives suivant l'arête pg^1 (n_g étant parallèle au clivage facile).

Diagnostic. — La thomsonite ne peut être confondue qu'avec

les deux zéolithes, très biréfringentes, que nous venons d'étudier, la pectolite et la prehnite.

Distinction avec la pectolite. — La thomsonite en grandes aiguilles ne présentant aucune extinction zéolithique peut seule être confondue avec la pectolite. Elle s'en distingue par sa biréfringence beaucoup moindre. La différence de biréfringence est encore accentuée par ce fait que le maximum de biréfringence de la thomsonite se produit dans les sections transversales, tandis que le contraire a lieu pour la pectolite.

L'allongement tantôt positif, tantôt négatif de la thomsonite est aussi un bon caractère de distinction avec la pectolite toujours positive. Enfin, si l'on peut recourir à un essai chimique, le doute n'est plus possible.

Distinction avec la prehnite. — La mésole peut parfois être prise pour de la prehnite. Mais ici encore nous avons des caractères distinctifs en dehors du contrôle chimique, qu'il n'est parfois pas possible d'obtenir à cause de la petite quantité de matière que l'on a à sa disposition.

Nous savons qu'une section g^1 de la mésole est perpendiculaire à la bissectrice qui est positive : g^1 étant le clivage facile, de semblables sections ne portent que les traces du clivage h^1 qui souvent disparaît. De plus, ces sections les moins biréfringentes du minéral ont des extinctions zéolithiques des plus nettes.

Or, des caractères identiques appartiennent aux sections p de la prehnite.

Mais la position du plan des axes optiques nous permet de trancher la question. En effet, il est parallèle à l'allongement dans la prehnite et transversal dans la mésole (fig. 6 et 7, p. 332).

De plus l'allongement de la mésole est positif dans g^1 et négatif dans la prehnite.

Enfin, tandis que la prehnite possède son maximum et son minimum de biréfringence dans la zone d'allongement toujours négatif, la mésole ne possède dans la zone de son allongement que sa biréfringence moyenne (sections h^1 négatives perpendiculaires à la normale optique) et sa

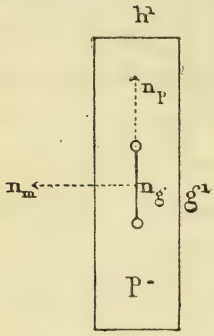


Fig. 6
Prehnite suivant p.
(perpendiculaire à la bissectrice positive)

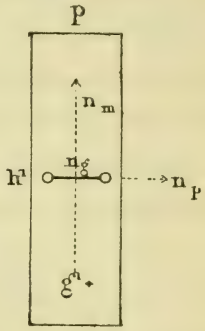


Fig. 7
Thomsonite suivant g^1
(perpendiculaire à la bissectrice positive)

biréfringence plus faible encore (sections g^1 positives, perpendiculaires à la bissectrice).

Essais chimiques. — La thomsonite est facilement attaquable par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

L'essai Behrens décèle de l'alumine.

L'essai Boricky, de la chaux et de la soude.

Les trois espèces que nous venons d'étudier forment un groupe facile à distinguer par leur forte biréfringence des zéolithes, qu'il nous reste à étudier. Nous n'aurons donc plus à nous en occuper dans le diagnostic des espèces suivantes.

Mésotype $\dot{N}a\,\dddot{A}l\,\ddot{S}i^3 + 2\,\dot{H}$.

La mésotype se rencontre soit en cristaux ou en masses bacillaires transparentes et incolores (mésotype, brévicite), soit en masses fibrocompactes (natrolite, crocalite, radiolite,

bergmannite), soit enfin en aiguilles blanches soyeuses, transparentes en lames minces (galactite).

Orthorhombique. L'allongement a lieu suivant *mm* (110) ($1\bar{1}0$).

Il existe deux clivages *mm* et des cassures transversales *p*.

Le plan des axes optiques est parallèle à g_1 (100), la bissectrice est perpendiculaire à *p*; elle est positive (n_g).

L'angle des axes optiques est 2 E = 93° à 96°. L'indice moyen $n_m = 1.479$, 2 V = 59°29′.

La biréfringence maximum dans les sections g^1 parallèles au plan des axes optiques est :

$$n_g - n = 0{,}0119.$$

Les couleurs de polarisation qui y correspondent sont le gris bleu de premier ordre.

La figure 8 montre les positions des axes optiques et des indices de réfraction dans le plan des axes optiques (g^1).

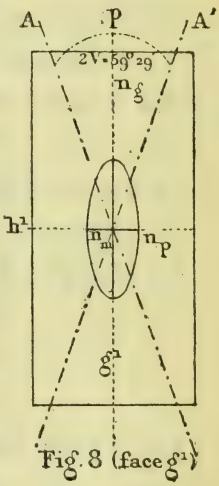


Fig. 8 (face g^1)

Zone mm. — Dans la zone d'allongement *mm*, les clivages sont parallèles à l'arête de zone qui est positive, puisque l'indice maximum lui est parallèle.

Les extinctions sont parallèles à l'allongement. Dans les échantillons bien cristallisés on peut parfois constater l'existence d'une macle avec plan d'assemblage voisin de h^1, mais irrégulière. Aussi, voyons-nous ce groupement s'exagérer dans les variétés fibro-compactes (crocalite, bergmannite), qui présentent des extinctions zéolithiques analogues à celles de la prehnite et de la mésole. Souvent alors les aiguilles, au lieu d'être toutes dirigées dans le même sens et de former un faisceau,

sont dirigées dans tous les sens et même parfois sont noyées dans des produits secondaires (calcite, produits serpentineux).

La galactite et la radiolite se rapprochent de la mésotype proprement dite par la grandeur et la disposition en faisceaux de leurs cristaux élémentaires.

Sections transversales. — Dans les sections transversales, suivant *p*, on observe les clivages faciles *mm* faisant un angle de 91°.

L'extinction a lieu suivant les diagonales de ces clivages. On constate que la section est perpendiculaire à la bissectrice qui est positive.

Diagnostic. — La mésotype peut être confondue avec la scolésite, la laumonite, l'épistilbite, la dolianite et certaines analcimes (voir plus loin à ces divers articles), enfin avec la barytine et la calcédoine, qui possèdent des biréfringences voisines de la sienne.

Distinction avec la barytine. — On trouve parfois dans les roches de la barytine qui, en sections minces, est fort difficile à distinguer de la mésotype. La barytine est orthorhombique. Elle possède des clivages faciles suivant *p*, *m* et g^1. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1.

La bissectrice est perpendiculaire à h^1; elle est positive.

La biréfringence maximum en g^1 est

$$n_g - n_p = 0{,}0122.$$

En outre, la barytine est fréquemment maclée suivant h^1. On rencontre la barytine dans les roches (grès dévoniens d'Ecosse, — au contact de roches zéolithiques — arkoses du Mâconnais, etc.), soit en masses laminaires sans allongement favori, que l'on distingue aisément de la mésotype par les clivages nombreux et nets, soit en petits groupes cris-

tallins maclés parallèlement à h^1, et souvent allongés suivant pg^1. Dans ce cas l'allongement est positif, comme dans la mésotype (fig. 10), le plus grand indice étant parallèle à l'arête de zone (fig. 11). L'extinction dans cette zone se fait parallèlement à l'allongement. Le seul caractère qui permet de distinguer de semblables sections de la mésotype est l'abondance des clivages. Il est prudent alors d'avoir recours à l'essai chimique. On sait, en effet, que la barytine est inattaquable par les acides.

Mais la barytine se présentant plus souvent en lames

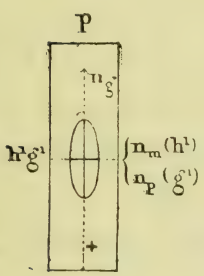


Fig. 9
Mésotype (zone h^1g^1)

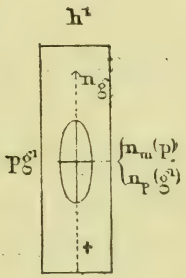


Fig. 10
Barytine (zone pg^1)

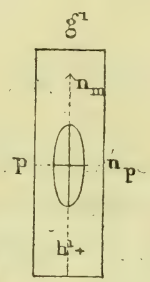


Fig. 11
Barytine suivant h^1

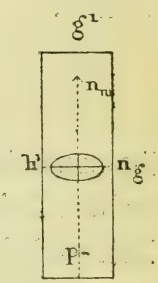


Fig. 12
Barytine suivant p

flabelliformes, on peut obtenir aussi des sections de la zone ph^1. Dans ce cas, l'indice moyen n_m étant parallèle à l'arête de zone, l'allongement sera tantôt positif, dans h^1 contenant n_m et n_p (fig. 11), tantôt négatif, dans p contenant n_m et n_g (fig. 12).

Il sera alors facile de distinguer la barytine de la mésotype qui reste toujours positive.

Distinction avec la calcédoine. — Les vacuoles des roches basiques sont assez souvent remplies par de la calcédoine qu'il est important de pouvoir distinguer de la mésotype. Elle se présente en plages allongées ou en sphérolithes à croix noire positifs, suivant l'allongement de leurs fibres

élémentaires. Cette substance présente au plus haut point ce que l'on a appelé les extinctions calcédonieuses. On distinguera facilement les deux minéraux en lumière convergente, la calcédoine étant uniaxe et la mésotype biaxe. De plus, la calcédoine est un peu moins biréfringente (0,0092) que la mésotype (0,0119). Le traitement de la plaque mince par l'acide chlorhydrique sera dans les cas douteux un excellent contrôle de la détermination optique.

Essais chimiques. — La mésotype est très facilement attaquable par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

L'essai Behrens décèle de l'alumine et l'essai Boricky de la soude.

Scolésite. $\dot{Ca}\,\dddot{\bar{Al}}\,\ddot{Si}^3 + 3\,\dot{H}$.

La scolésite se rencontre en longues aiguilles ou en cristaux bacillaires formant des masses translucides.

Monoclinique. Allongement suivant *mm*. Clivage net suivant *mm* (110) ($1\bar{1}0$).

Le plan des axes optiques est normal à g^1 (010). La bissectrice est négative et parallèle à g^1. La bissectrice et le plan des axes font un angle de 16° à 17° avec h^1 (100) antérieur et un angle de 93° à 94° avec o^1 (101).

Les cristaux sont toujours maclés parallèlement à h^1 (100). L'écartement des axes optiques est 2 E = 53°4′. L'indice moyen n_m = 1,502 (rayons rouges, Des Cloizeaux) — 2 V = 35°1′.

La biréfringence maximum dans les sections parallèles au plan des axes optiques est :

$$n_g - n_p = 0{,}0083.$$

Les teintes de polarisation qui y correspondent sont le gris bleu de premier ordre.

La figure 13 fait voir quelle est la position des axes optiques et des indices de réfraction dans le plan des axes optiques.

Zone mm. — On voit que le plus petit indice n_p est à 16°

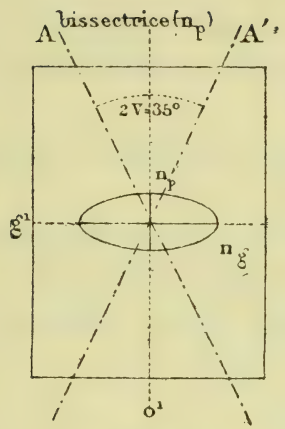


Fig. 13
Plan des axes optiques (zone ph^1)

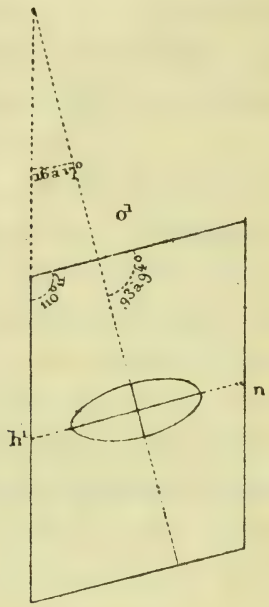


Fig. 13bis (face g^1)

près parallèle à l'arête h^1g^1 d'allongement ; le signe de ce dernier sera donc négatif.

L'extinction dans la zone h^1g^1 ira de 17° à 0° (h^1) et symétriquement de part et d'autre de la ligne de macle.

Les extinctions zéolithiques ne se rencontrent pas dans la scolésite.

Sections transversales. — L'angle *mm* étant de 91°22′, les sections transversales auront la forme de losanges. Les extinctions ont lieu suivant les diagonales de ces losanges. On constate que ces sections transversales sont proches de la bissectrice qui est négative.

Diagnostic. — La scolésite peut être confondue avec la laumonite, l'épistilbite (voir plus loin) et avec la mésotype.

Distinction avec la mésotype. — Le principal caractère de distinction entre ces deux minéraux, réside dans le signe de l'allongement positif dans la mésotype et négatif dans la scolésite.

Dans les sections transversales, on vérifie également que la bissectrice n'est pas de même signe dans les deux minéraux.

L'extinction de la mésotype se fait toujours suivant l'allongement ; nous avons vu que les extinctions de la scolésite pouvaient aller jusqu'à 16°.

Enfin, tandis que la mésotype est sodique, la scolésite est à base de chaux.

Essais chimiques. — L'acide chlorhydrique attaque facilement la scolésite même à froid en faisant gelée.

L'essai Boricky décèle la chaux, l'essai Behrens l'alumine.

MÉSOLITE.

La mésolite est commune dans les roches mélaphyriques ou basaltiques où elle forme des amandes parfois très grosses constituées par des aiguilles finement serrées.

Elle ne diffère de la scolésite au point de vue chimique que par la présence de la soude accompagnant la chaux.

Dans un travail récent, M. O. Lüdecke (1) a fait voir qu'il existait une scolésite et une mésolite monocliniques, ainsi qu'une scolésite triclinique.

Au point de vue pratique, on peut dans les roches distinguer la mésolite de la scolésite par ce fait que la mésolite, en fibres très serrées, est presque toujours formée par des aiguilles positives et négatives suivant leur allongement. Il

(1) *Jahr. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1881, II, 1-41.

pourrait, dans ce cas, y avoir mélange de mésotype et de scolésite, ce dernier minéral étant le plus abondant.

Il est cependant nécessaire de faire à ce sujet les plus grandes réserves, les propriétés optiques des cristaux de mésolite étant peu connues. Je me réserve de les étudier dans une prochaine communication.

Peut-être la mésolite est-elle triclinique; dans tous les cas les cristaux, toujours maclés et souvent très peu biréfringents, rendent les observations difficiles.

Harringtonite.

J'ai fait voir (1) que la harringtonite de Thomson était constituée par une matière gommeuse tenant en suspension des aiguilles de mésotype et de scolésite.

J'ai rencontré à Portrush (comté d'Antrim, Irlande) de petites veines de mésotype dont les fibres d'allongement positif sont mélangées de quelques aiguilles de signe négatif, qui possèdent des extinctions obliques (scolésite).

L'analyse chimique décèle des traces de chaux dans l'échantillon.

Il arrive souvent que les nodules de mésolite présentent une biréfringence à peine appréciable.

Laumonite. $\dot{Ca}\,\overset{\cdots}{\bar{Al}}\,\overset{\cdots}{Si}^{4} + 4\,\dot{H}$.

La rapide altération que subit à l'air la laumonite la rend assez rare dans les roches. Elle existe cependant en certaine abondance dans quelques mélaphyres d'Écosse.

Monoclinique. L'allongement a lieu suivant h^1g^1 (100) (010). Clivage facile suivant g^1 (010), moins net suivant m (110) et a^1 ($\bar{1}01$).

(1) *Bull. Soc. Minér.*, t. VIII (1885), p. 96.

Le plan des axes optiques est parallèle à g^1. La bissectrice est négative et fait un angle de 25° avec une normale à h^1 antérieure. $ph^1 = 111°14'$.

L'angle des axes optiques $2\,E = 52°$ environ.

La biréfringence maximum dans g^1 est :

$$n_g - n_p = 0{,}0090.$$

Les couleurs de polarisation qui y correspondent sont le gris bleu de premier ordre.

La figure 14 fait voir la position des indices de réfraction et des axes optiques dans g^1.

Zone h^1g^1. — Dans la zone d'allongement les clivages sont

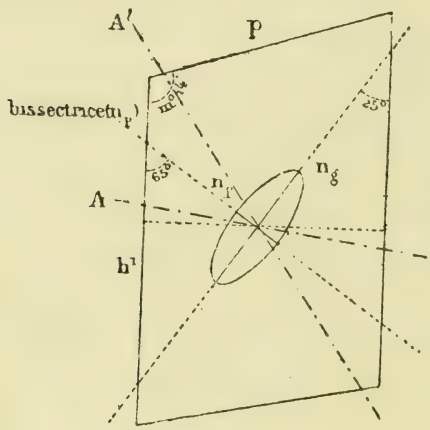


Fig. 14

parallèles à l'arête de zone. L'allongement est tantôt positif, tantôt négatif.

Les extinctions partent de 25° environ dans g^1, passent par un maximum voisin de 45° et tombent brusquement à 0° en h^1. Il existe une macle avec plan d'assemblage parallèle à h^1. Elle se traduit par quelques traces d'extinctions zéolithiques.

Sections transversales. — Les sections transversales sont difficiles à obtenir à cause de la fragilité des aiguilles de laumonite. Les clivages g^1 et h^1 y forment de petits rectangles dans lesquels l'extinction se fait suivant les diagonales.

Les plages de laumonite présentent souvent des impuretés dues à sa facile altération.

Diagnostic. — La laumonite ne peut être confondue qu'avec l'épistilbite (voir plus loin) ou avec la scolésite et la mésolite.

Distinction avec la scolésite et la mésolite. — Le signe tantôt positif, tantôt négatif et les extinctions d'une obliquité très grande permettent facilement de distinguer la laumonite de la scolésite, qui est toujours négative et dont l'angle d'extinction maximum est 17°.

Quant à la mésolite, le dernier caractère distinctif subsiste seul, puisque nous avons vu que ce minéral était formé du mélange de deux substances de signe contraire. Il existe un autre caractère de distinction avec la mésolite. Cette dernière espèce est toujours constituée par des fibres très serrées, tandis que la laumonite est en général formée d'aiguilles accolées plutôt que de fibres.

Essais chimiques. — La laumonite fait gelée avec l'acide chlorhydrique.

L'essai Behrens décèle l'alumine, l'essai Boricky la chaux.

Okénite. $\dot{C}a\,\ddot{S}i^2 + 2\,\dot{H}$.

L'okénite forme des nodules à texture très serrée (bordite) et très tenace.

En lame mince, l'okénite se résoud en une grande quantité de petites aiguilles entrelacées dans tous les sens

et rappelant un tissu de chanvre. Souvent elles prennent l'aspect d'arborescences palmées.

Les aiguilles de bordite présentent des traces d'un clivage parallèle à l'allongement.

L'okénite est orthorhombique. Si nous considérons comme g^1 le plan des axes optiques, le minéral est allongé suivant $h^1 g^1$ (010) (100) et la bissectrice est perpendiculaire à h^1; elle est positive. L'angle des axes optiques est très grand, mais il n'a pu être mesuré à cause de la petitesse des aiguilles.

La biréfringence maximum en g^1 est :

$$n_g - n_p = 0{,}0091.$$

Les couleurs de polarisation qui y correspondent sont le gris bleu de premier ordre.

L'allongement est négatif.

Diagnostic. — L'okénite peut être confondue avec la scolésite à cause de son signe. L'enlacement de ses fibres et ses extinctions longitudinales jointes à l'absence d'alumine, la séparent suffisamment de ce minéral.

Essais chimiques. — Se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique en donnant de la silice floconneuse ou gélatineuse.

L'essai Behrens ne donne pas d'alumine, l'essai Boricky de la chaux.

Xonoltite. $4(\dot{C}a\,\ddot{S}i) + \dot{H}$ (2).

On a appelé xonoltite une okénite contenant moins d'eau que l'okénite et provenant du Mexique (Teleta de Xonolta).

L'examen optique montre qu'il n'y a pas lieu de séparer les deux espèces, qui sont identiques. La texture de la xonoltite est un peu plus serrée que celle de l'okénite.

(1) Rammelsberg, op. cit., p. 605.
(2) Rammelsberg, op. cit., p. 380.

Épistilbite. $\dot{C}a, \dddot{\bar{A}}l, \dot{S}i^6 + 5\,\dot{H}$.

L'épistilbite est une des zéolithes les plus rares; elle remplit les amandes de quelques roches basaltiques d'Islande.

Monoclinique. L'allongement a lieu suivant *mm* (110) ($1\bar{1}0$). Clivage facile suivant g^1 (010); moins net *p* (001) (cassures transversales.)

Le plan des axes optiques est parallèle à g^1. La bissectrice est négative n_p; elle fait un angle d'environ 8°57′ avec h^1. (100) (1).

L'écartement des axes optiques $2\,E = 67°18'$.

La biréfringence maximum dans les sections parallèles au plan des axes optiques est :

$$n_g - n_p = 0{,}0100.$$

Les couleurs de polarisation qui y correspondent sont le gris bleu de premier ordre.

La figure 15 montre quelle est la position des axes optiques et des indices de réfraction dans les sections g^1.

Zone mm. — Le plus petit indice de réfraction n_p étant à 9° environ de l'arête h^1g^1, l'allongement sera toujours négatif.

Le caractère distinctif de l'épistilbite réside dans ses macles suivant h^1. Cette macle, au lieu de se produire suivant un plan, se fait suivant une surface irrégulière et dentelée.

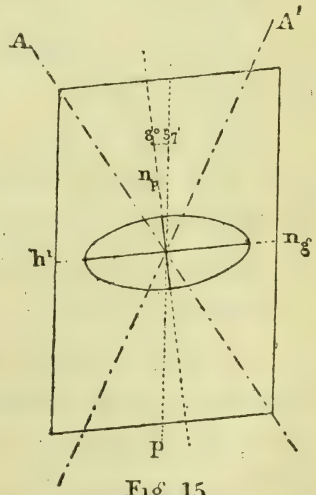


Fig. 15

Le plan de macle ne coïncidant pas rigoureusement avec

(1) Des Cloizeaux, *Bull. Soc. Min.*, t. II (1879), p. 61.

h^1, les traces d'hémitropie se verront encore suivant cette face. C'est ainsi que toutes les sections de la zone *mm* font voir des bandes hémitropes à contours tantôt rectilignes, tantôt dentelés.

Souvent les bandes d'ordre impair renferment des plages cunéiformes d'orientation cristallographique identique à celle des bandes paires et par suite s'éteignant sous les mêmes azimuths.

Dans d'autres cas, il semble y avoir pénétration incomplète de deux plages diversement orientées, et l'on a alors une figure rappelant grossièrement certains microclines.

Suivant g^1 l'extinction a lieu à environ 9° de part et d'autre de l'arête h^1g^1.

Sections transversales. — Dans de semblables sections, le clivage g^1 est très accentué; en outre le clivage difficile *p* produit des cassures donnant lieu à un petit quadrillage. L'extinction a lieu parallèlement au clivage facile. Cette direction pg^1 est négative. Les macles ne sont pas nettement visibles dans de semblables sections.

Diagnostic. — L'épistilbite pourrait être confondue avec la mésotype, la scolésite et la laumonite et avec la christianite (voir plus loin).

Distinction avec la mésotype. — Le signe négatif, l'extinction à 9° dans g^1 et les macles dentelées permettent aisément de la distinguer de la mésotype, qui est orthorhombique et a un allongement positif.

Distinction avec la scolésite. — La scolésite est monoclinique et négative comme l'épistilbite, mais ses extinctions sont beaucoup plus obliques; elles vont jusqu'à 16° en g^1. De plus, ses macles ont lieu sensiblement suivant h^1 et ont des centours nets qui ne peuvent se confondre avec les apparences dentelées de l'épistilbite.

De plus, dans les sections transversales les deux clivages

mm = 91°22′ de la scolésite permettent de la distinguer de l'épistilbite, qui n'a qu'un clivage facile g^1 avec des cassures transversales irrégulières et espacées.

Distinction avec la laumonite. — La distinction avec la laumonite est facile, grâce aux grands angles d'extinction de cette dernière espèce, au signe tantôt positif, tantôt négatif de son allongement, et, enfin, grâce à l'absence de ces macles dentelées qui constituent, en résumé, le caractère distinctif de l'épistilbite.

Essais chimiques. — L'épistilbite est attaquée par l'acide chlorhydrique concentré avec dépôt de silice pulvérulente.

L'essai Behrens donne de l'alumine ; l'essai Boricky, de la chaux et de la soude.

Stilbite $\dot{C}a\dddot{A}l\ddot{S}i^6 + 6\dot{H}$.

La stilbite forme des masses flabelliformes parfois très grandes dans les géodes des roches basiques. On les rencontre, en outre, en petites aiguilles dans quelques roches acides (granulites des Mourne Mountains, Irlande).

La puflérite forme de petits sphérolithes à éclat vitreux (Tyrol).

Monoclinique. L'allongement a lieu suivant h^1g^1. Clivage facile suivant g^1. Ce clivage est caractéristique de la stilbite. Les surfaces de clivage sont irrégulières et gaufrées.

Le plan des axes optiques est parallèle au clivage facile g^1 (010).

La bissectrice fait avec l'arête h^1g^1 (100) (010) un angle très variable, suivant les échantillons, et pouvant aller jusqu'à 8°. Dans certains cristaux (Bagnères), la bissectrice se confond avec h^1g^1.

L'angle des axes optiques 2 E = 51° environ.

La figure 16 montre quelle est la position des indices de réfraction et des axes optiques dans g^1.

La biréfringence maximum dans g^1 est

$$n_g - n_p = 0{,}0093 \text{ (puflérite).}$$

Les couleurs de polarisation qui y correspondent sont le gris bleu de premier ordre.

Zone h^1g^1 *d'allongement.* — Le clivage g^1 est d'une facilité telle qu'il n'est guère possible d'obtenir des sections transversales. La face g^1 est, du reste, suffisante pour établir le diagnostic.

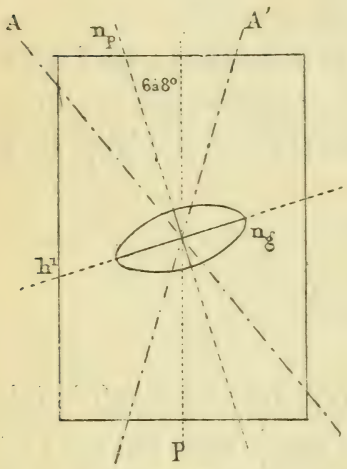


Fig. 16

Le plus petit indice de réfraction n_p étant à très peu près parallèle à l'arête h^1g^1, l'allongement de la stilbite est toujours négatif.

En g^1, les extinctions varient de 0° à 10°, suivant les échantillons. Mais il est souvent difficile de mesurer cette extinction à cause de la présence de macles rappelant celles de la heulandite.

La surface d'assemblage est voisine de h^1 : elle est irrégulière. Souvent à cette macle vient s'en joindre une seconde suivant p.

Les plages de stilbite offrent alors l'aspect d'un microcline quadrillé dont les ombres noires auraient été fortement estompées. La plage ne s'éteint plus alors.

Les globules de puflérite possèdent les mêmes propriétés optiques que la stilbite. La structure sphérolithique y accentue les groupements en leur faisant perdre leur régularité. Il est très difficile de trouver une extinction nette.

Dans les sections suivant h^1 de la stilbite, l'extinction a lieu suivant la trace du clivage facile g^1.

Sections transversales. — Les sections transversales (suivant p) se présentent sous la forme de rectangles allongés suivant le clivage g^1. Les extinctions se font parallèlement au clivage g^1. Cette direction est positive. En lumière convergente, on constate que la plaque est perpendiculaire à la bissectrice qui est négative.

La stilbite rouge renferme des inclusions d'hématite sous forme de globules rouge-brique arrondis ou à contours grossièrement hexagonaux, ou en petites aiguilles très ténues couchées dans g^1 parallèlement à l'arête pg^1. Ces inclusions sont sans action sur la lumière polarisée, à cause de leur extrême petitesse.

Diagnostic. — La stilbite peut être confondue avec la heulandite (voir plus loin), la mésole, la mésotype ou la scolésite.

Distinction avec la mésole. — La puflérite peut, au premier abord, être confondue avec la mésole; le seul examen de la biréfringence permet de distinguer aussitôt les deux espèces.

Distinction avec la mésotype. — La mésotype ne possède jamais les macles ou quadrillages signalés dans la stilbite. Son allongement est toujours positif, tandis que le contraire a lieu pour la stilbite et ses variétés.

Distinction avec la scolésite. — Bien que la scolésite soit de signe négatif comme la stilbite, nous avons vu que sa macle suivant h^1 était toujours nette, et qu'elle ne présentait pas d'extinction zéolithique.

De plus, dans la zone h^1g^1, les extinctions à 16° sont fréquentes dans la scolésite et ne se trouvent jamais dans la stilbite. Les sections transversales de scolésite se distingueront aisément par leur clivage mm de 91°22′.

Enfin, dans tous les cas énoncés plus haut, la confusion sera impossible si l'on peut se procurer une lame de clivage, qui n'existe dans aucune de ces espèces avec autant de facilité.

Essais chimiques. — La stilbite est complètement attaquée par l'acide chlorhydrique avec dépôt de silice pulvérulente, L'essai Behrens donne de l'alumine; l'essai Boricky, de la chaux et quelquefois des traces de soude ou de potasse.

Heulandite $\dot{C}a\dddot{A}l\,\ddot{S}i^6 + 5\dot{H}$.

La heulandite se présente soit en petits cristaux drusiques, soit en masses lamellaires remplissant les vacuoles des roches basaltiques.

Monoclinique. Il existe un clivage très facile suivant g^1 (010). Il se distingue de celui de la stilbite par la netteté de ses surfaces.

Lorsque les cristaux sont bien formés, les lames de clivage sont octogonales p (001) m (110) o^1 (101) a^1 ($\bar{1}01$), ou hexagonales par disparition des faces m (110). De semblables sections sont allongées suivant h^1g^1 (100) (010).

Le plan des axes optiques est, en général, parallèle à p; il est cependant quelquefois parallèle à h^1. M. Mallard a fait voir (1) que l'on pouvait par la chaleur obtenir cette dernière variété.

La bissectrice est positive, n_g. Elle est toujours perpendiculaire au clivage facile g^1, quelle que soit la situation du plan des axes optiques.

L'écartement des axes optiques 2 E = 52° en moyenne, mais cet angle est très variable.

La biréfringence maximum mesurée dans le plan des axes est

$$n_g - n_p = 0{,}0066.$$

Les couleurs de polarisation qui y correspondent sont le gris de premier ordre.

(1) *Bull. Soc. min.*, t. V (1882), p. 255.

Les figures 17 et 18 font voir la position des axes optiques et des indices de réfraction dans le plan des axes optiques p ou h^1.

Zone h^1g^1. — Lorsque le plan des axes optiques est parallèle à p, l'allongement suivant h^1g^1 est positif dans g^1 (contenant n_m parallèle à h^1g^1 et n_p) et négatif dans h^1 (contenant encore n_m et n_g). Lorsque le plan des axes est compris

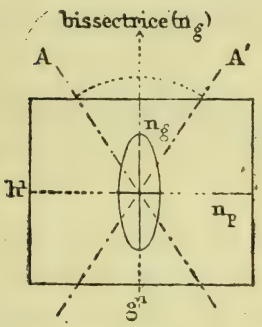


Fig. 17

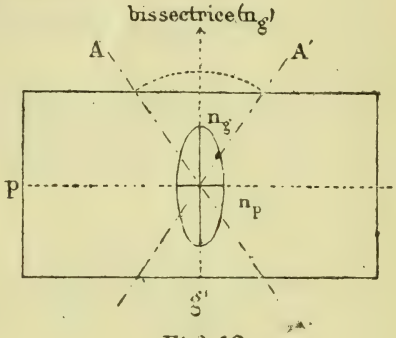


Fig. 18

dans h^1, la zone h^1g^1 est toujours négative, le plus petit indice n_p restant toujours parallèle à h^1g^1.

La seule direction ayant une utilité pratique est g^1. En lumière convergente, on constate que la bissectrice, qui est positive, est perpendiculaire à cette face de clivage.

En lumière parallèle, on aperçoit deux systèmes de bandes assez régulières parallèles à h^1. L'extinction de ces bandes hémitropes a lieu à environ 6° de la ligne de macle. Parfois l'un des systèmes de bandes reste éteint sous tous les azimuths.

Ces bandes sont donc produites par une macle suivant h^1 qui n'a pas encore été signalée, à ma connaissance toutefois, et que je me réserve d'étudier en détail dans une prochaine communication. La face d'association est bien h^1, car si l'on taille un cristal de heulandite parallèlement à h^1, on obtient une plage ayant une extinction uniforme parallèle à la trace du clivage facile g^1.

Suivant p, au contraire, on observe des bandes hémitropes semblables à celles que nous avons signalées en g^1. Dans les sections p, l'extinction se fait également suivant les traces du clivage facile g^1.

De même que la stilbite rouge, la heulandite doit sa couleur à des inclusions d'hématite, qui ont la même forme et sont de même nature que celles de la stilbite. Lorsque les aiguilles sont suffisamment grandes, elles agissent sur la lumière polarisée et s'éteignent parallèlement à leur allongement.

Diagnostic. — La heulandite ne peut être confondue qu'avec l'apophyllite (voir plus loin) et la stilbite, à cause de la facilité du clivage.

Distinction avec la stilbite. — On peut facilement distinguer la stilbite de la heulandite par l'examen d'une lame de clivage en lumière convergente. On n'a aucune image pour la stilbite, puisque le plan des axes optiques est parallèle au clivage facile g^1.

Dans le cas de la heulandite, au contraire, on sait que la bissectrice, qui est positive, est perpendiculaire au clivage g^1.

Enfin, en lumière parallèle, les quadrillages de la stilbite et son allongement plus net que celui de la heulandite complèteront le diagnostic de ces deux minéraux.

La faible biréfringence des sections transversales h^1 ne permettra pas de confondre la heulandite avec la mésotype, dont l'allongement est positif, ni avec la scolésite, dont l'extinction est oblique dans la zone h^1g^1.

Essais chimiques. — L'acide chlorhydrique attaque la heulandite avec dépôt de silice pulvérulente.

L'essai Behrens donne de l'alumine ; l'essai Boricky, de la chaux.

Nous avons vu que les espèces qui précèdent se rencontrent en masses fibreuses ou fibro-lamellaires, possédant

une zone d'allongement bien définie. Les trois espèces dont la description suit (christianite, harmotome, brewstérite), se trouvent en général en cristaux. Mais il arrive parfois que l'accolement de plusieurs individus donne lieu à des faisceaux cristallins, dont l'examen rentre dans le cadre de cette étude.

Christianite $(\dot{C}a,\dot{K})\,\dddot{A}l\,\ddot{S}i^4 + 5\dot{H}$

La christianite se présente le plus souvent en cristaux nets remarquables par leurs macles semblables à celles de l'harmotome. On rencontre parfois de petits mamelons cristallisés de cette espèce, qu'il est utile de pouvoir distinguer des autres zéolithes (Nidda, Aci-Castello).

Monoclinique (1). L'allongement est peu marqué; il a lieu suivant pg^1 (001) (010). Les clivages p et g^1 sont donc parallèles à l'arête de zone.

Dans les cristaux, on remarque une macle analogue à celle de l'harmotome avec plan d'assemblage parallèle à p(001) ou g^1 (010), qui souvent se double d'un assemblage suivant une surface ondulée voisine de e^1 (011) (macle en croix).

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à g^1. Le plan des axes optiques et la bissectrice qui est positive, font avec une normale à p un angle variant avec les échantillons et dont la moyenne est 70° et un angle d'environ 14° avec une normale à h^1 (010) antérieur.

L'écartement des axes optiques est très variable. $2H_a = 70°$ à 92°. L'indice moyen $n_m = 1.51$. $2V = 65°$ à 81°.

Les cristaux dont le groupement forme les mamelons cristallins dont nous avons à nous occuper ne présentent que la macle suivant p (001) ou g^1 (010).

On observe dans cette macle des phénomènes de péné-

(1) Des Cloizeaux. *Bull. Soc. min.* 1883, p. 305.

tration rappelant ceux de l'épistilbite. Fréquemment une bande impaire renferme des triangles d'orientation cristallographique identique à celle des bandes paires. D'autres fois, la pénétration de deux individus simule grossièrement les injections de quartz secondaire dans les feldspaths des roches anciennes. Dans tous les cas, lorsque l'extinction n'est pas trop irrégulière, on constate qu'elle fait un angle assez grand, mais très variable avec l'arête pg^1.

Les couleurs de polarisation qui correspondent au maximum de biréfringence sont le gris bleu de premier ordre.

L'allongement est toujours positif.

Dans les échantillons mamelonnés d'Aci-Castello (Sicile), les fibres sont tellement serrées qu'il n'est pas possible de distinguer nettement les macles précédentes. Il n'y a plus aucune extinction nette.

Diagnostic. — La christianite mamelonnée ne peut être confondue qu'avec la mésotype, la scolésite ou l'épistilbite.

Distinction avec la mésotype et la scolésite. — Les extinctions longitudinales et l'absence de macles dentelées séparent nettement la mésotype de la christianite. — Le signe positif de l'allongement de ce dernier minéral et ses macles permettent de le distinguer rapidement de la scolésite.

Distinction avec l'épistilbite.— Dans la christianite, les macles dentelées sont moins nettes que dans l'épistilbite. De plus, son allongement est toujours positif, tandis que le contraire a lieu pour l'épistilbite.

Le système cristallin permet de ne pas confondre la christianite avec la chabasie et la lévyne qui lui sont parfois associées dans une même vacuole basaltique.

Essais chimiques. — La christianite est facilement attaquable par l'acide chlorhydrique en faisant gelée.

L'essai Behrens décèle l'alumine, l'essai Boricky, la chaux, la potasse et la soude.

Harmotome $\dot{B}a\dddot{A}l\,\ddot{S}i^6 + 6\dot{H}$.

M. Des Cloizeaux a fait voir (1) que l'harmotome était monoclinique.

Les cristaux sont toujours maclés suivant *p* (001) ou g^1 (010) (morvénite). A cette macle, vient souvent s'en joindre une autre suivant une surface voisine de e^1 (011). C'est la réunion de ces deux macles qui donnent les cristaux cruciformes bien connus des minéralogistes. Les cristaux sont allongés suivant l'arête pg^1.

Il existe deux clivages, l'un suivant g^1 (010), l'autre moins net suivant *p* (001).

Le plan des axes optiques et la bissectrice aiguë, qui est positive, sont perpendiculaires à g^1

Des cristaux présentant la macle double taillés transversalement à leur allongement, constituent des sections carrées à extinctions uniformes parallèles aux arêtes. Elles sont formées théoriquement de huit secteurs, mais souvent, il n'en existe que quatre ou cinq, ainsi que je l'ai observé sur les cristaux de Bowling (Ecosse)(2).

Dans *p* l'extinction a lieu parallèlement à l'arête pg^1. Enfin, dans g^1 l'extinction se fait à 5° à 6° de l'arête ph^1 et les deux cristaux formant la plage s'éteignent à 5° ou 6° l'un de l'autre. (Bowling).

Il résulte des observations de M. Des Cloizeaux que le plan des axes fait un angle d'environ 25° avec une normale à *p* et de 29° avec une normale à h^1 (Andréasberg, Strontian).

Diagnostic.—L'harmotome ne peut être confondue qu'avec les cristaux de christianite, à cause de ses macles toujours visibles.

(1) *Mémoires de la Société minéralogique de Saint-Pétersbourg*, 2e série, t. III. (1868).

(2) *Bull. Soc. min.*, t. VIII, (1885). p. 94.

Distinction avec la christianite. — Nous avons vu que le plan des axes optiques de la christianite faisait un angle d'environ 70° avec une normale à p (cet angle est de 29° pour l'harmotome).

De plus, la composition chimique permet de distinguer facilement ces deux minéraux.

Essais chimiques. — L'harmotome pulvérisée est facilement attaquable à chaud par l'acide chlorhydrique avec dépôt de silice pulvérulente.

La liqueur filtrée précipite abondamment par le sulfate de chaux (baryte).

L'essai Behrens décèle l'alumine.

Brewstérite $(\dot{S}r, \dot{B}a)\dddot{\bar{A}}l\,\ddot{S}i^6 + 5\dot{H}$.

La brewstérite se présente toujours en petits cristaux allongés suivant $h^1 g^1$ (100) (010).

Monoclinique. Clivage parfait suivant g^1, difficile suivant h^1.

Le plan des axes optiques et la bissectrice sont perpendiculaires à g^1 (clivage facile). La bissectrice est positive n_g.

Le plan des axes fait un angle d'environ 21° avec h^1 antérieur et de 72° 4′ avec p. $2E = 94°$.

La biréfringence maximum est

$$n_g - n_p$$

et les couleurs de polarisation qui y correspondent le blanc-paille de premier ordre.

Si l'on examine en lumière parallèle une lame de clivage, on observe que loin d'être homogène, elle est formée de trois secteurs cunéiformes dont le plus grand est enclavé dans les deux autres. M. Des Cloizeaux a étudié en détail ce curieux groupement (1).

(1) *Manuel de Minéralogie*, t. I, p. 421.

En h^1 l'extinction a lieu parallèlement à la trace du clivage facile g^1.

L'allongement est négatif.

Diagnostic.—Les groupements cunéiformes de la brewstérite permettent de la distinguer des autres zéolithes. De plus, son faible allongement, l'absence de masses fibreuses ou sphérolithiques, enfin, sa composition chimique rendent facile le diagnostic de cette espèce.

Essais chimiques. — La brewstérite est attaquée par l'acide chlorhydrique avec dépôt de silice pulvérulente.

L'essai Behrens donne de l'alumine. L'analyse qualitative y décèle la présence de la baryte et de la strontiane.

Toutes les zéolithes qu'il nous reste à voir sont dépourvues d'allongements ; il ne sera donc pas nécessaire d'établir leur diagnostic d'avec les minéraux que nous venons de passer en revue.

Nous ne nous occuperons pas de la faujasite qui ne se rencontre qu'en petits octaèdres réguliers, ni de l'édingtonite, dont les petits cristaux quadratiques sont très rares et dont je n'ai pu me procurer d'échantillons.

La biréfringence de ces minéraux est très faible et inférieure à celle du quartz (0,0092) ; les couleurs de polarisation qu'ils présentent ne dépassent donc pas le gris bleuâtre de premier ordre.

Apophyllite. $\dot{R}^4 \ddot{Si}^7 + 7 \dot{H}$

$$\dot{R}^4 = \left(\frac{7}{2}\dot{Ca} + \frac{1}{2}\dot{K}\right).$$

Les nombreux travaux publiés sur l'apophyllite me permettent d'être bref.

Au point de vue pratique, on peut considérer l'apophyllite comme quadratique.

L'axe optique est tantôt positif, tantôt négatif.

Il existe un clivage très facile suivant *p* (001) et un autre difficile suivant *m* (110).

Les lames de clivage donnent souvent des traces de polarisation étudiées en détail par M. Mallard (1).

Il existe une variété laminaire d'apophyllite, l'ichthyophthalme (Fassa), qui ne m'a donné aucune trace d'action sur la lumière polarisée.

Diagnostic. — L'apophyllite pourrait se confondre avec la heulandite.

Distinction avec la heulandite. — On peut facilement distinguer ces deux minéraux par l'examen en lumière convergente. La heulandite est biaxe et l'apophyllite uniaxe.

Essais chimiques. — Se dissout facilement dans l'acide chlorhydrique avec dépôt de silice pulvérulente.

L'essai Boricky décèle la chaux et la potasse. L'essai Behrens ne donne pas de résultat.

Dolianite.

Sous ce nom, M. Des Cloizeaux (2) a étudié une zéolithe alumineuse et calcique en lames flabelliformes nacrées, facilement clivables, uniaxes, provenant d'Écosse (Knock station, Ayrshire). Je dois à l'obligeance de M. Des Cloizeaux, un petit fragment de ce minéral que j'ai pu ainsi examiner.

Une lame de clivage examinée en lumière polarisée parallèle montre que, loin d'être homogène, ce minéral est formé par une grande quantité de plages allongées à contours nuageux et indécis, sans extinction nette. Ces plages sont positives suivant leur allongement.

(1) Explication des phénomènes optiques anomaux. *Ann. des Mines,* t. X (1876).
(2) *Manuel de Minéralogie,* t. I, p. 435.

On constate en lumière polarisée convergente l'existence d'un axe optique négatif normal au clivage facile.

Les sections transversales présentent des fibres entrelacées rappelant l'okénite.

Diagnostic. — La dolianite peut être confondue avec l'apophyllite et la mésotype ; enfin avec certaines variétés d'analcime (voir plus loin.)

Distinction avec l'apophyllite. — La dolianite est plus biréfringente que l'apophyllite. De plus l'allongement très net des plages qui constituent ses lames de clivage, enfin la composition chimique permettent de distinguer ces deux espèces.

Distinction avec la mésotype. — Les fibres allongées de dolianite sont positives comme la mésotype; mais leur allongement est perpendiculaire à un axe optique négatif, tandis que la mésotype est biaxe et sa bissectrice, qui est positive, est parallèle à l'allongement.

Essais chimiques. — La dolianite est facilement attaquable par les acides.

L'essai Behrens donne de l'alumine, l'essai Boricky de la chaux.

Analcime. $\dot{N}a, \ddot{\bar{A}}l, \ddot{S}i^4 + 2\,\dot{H}$.

L'analcime est l'une des zéolithes les plus abondantes. Elle forme dans les porphyrites labradoriques d'Écosse de véritables petits filons. Elle y est très fréquemment accompagnée de prehnite.

Pseudocubique, quadratique.

En général, l'analcime est très fendillée dans tous les sens et souvent il se glisse des produits secondaires à travers les fentes.

Il est facile de constater que la plupart des échantillons présentent des signes de polarisation souvent très faibles.

Fréquemment une plage monoréfringente est entourée de plages biréfringentes.

Quelques échantillons présentent de fins quadrillages rappelant ceux de la leucite. D'autres fois on observe la formation de plages fibreuses analogues à celles de la dolianite et qui sont peut-être dues à des actions secondaires. Elles sont positives suivant leur allongement; la trop faible biréfringence ne permet pas de mesurer le signe du minéral suivant les lignes de macle.

M. Mallard a étudié en détail les macles de l'analcime que l'on ne peut que constater grossièrement dans les sections que nous étudions.

En lumière convergente, toutes les plages biréfringentes possédent un axe négatif.

La cluthalite n'est qu'une variété d'analcime qui en présente tous les caractères (Old Kilpatrick, Écosse).

A Bishopton (Écosse) j'ai trouvé une association curieuse de prehnite et d'analcime. Les deux minéraux ont cristallisé simultanément et forment une sorte de pegmatite dans laquelle les plages de prehnite très colorées tranchent sur le fond à peine biréfringent de l'analcime. Mais dans la plupart des cas la prehnite a cristallisé la première. Elle tapisse la périphérie des géodes; elle est recouverte par l'analcime, puis de la calcite.

Diagnostic.—L'analcime peut être confondue avec l'eudnophite, la chabasié, la lévyne (voir plus loin), les variétés microfibreuses avec la mésotype ou la dolianite.

Distinction avec la mésotype. — L'analcime microfibreuse possède un allongement de signe positif de même que la mésotype; mais elle s'en distingue par une plus faible biréfringence et par ses propriétés optiques en lumière convergente, car elle est uniaxe.

Distinction avec la dolianite. — Les lames de clivage de

dolianite ne peuvent pas se distinguer de l'analcime microfibreuse; il faut avoir recours aux sections transversales dont la biréfringence sera caractéristique.

Essais chimiques. — L'acide chlorhydrique attaque facilement l'analcime avec dépôt de silice floconneuse ou gélatineuse.

L'essai Behrens donne de l'alumine, l'essai Boricky de la soude.

Eudnophite.

L'eudnophite n'a été rencontrée jusqu'à présent qu'à Brëvig, dans la syénite et au Groenland. Elle constitue une espèce dimorphe de l'analcime.

Elle forme de petites masses en général dépourvues de faces, clivables dans trois directions rectangulaires.

M. Des Cloizeaux a fait voir (1) que l'eudnophite était orthorhombique.

La biréfringence est très faible et souvent à peine sensible.

On peut parfois constater l'existence de deux axes optiques ($2E = 70^\circ$ environ) autour d'une bissectrice qui est négative.

L'eudnophite est en général très altérée et remplie de produits secondaires.

M. Des Cloizeaux y signale des bandelettes quadrillées se croisant à angle droit et correspondant au clivage vitreux. L'extinction a lieu parallèlement au clivage vitreux.

Diagnostic. — L'eudnophite ne peut être confondue qu'avec l'analcime, dont elle diffère par l'existence de deux axes optiques.

Essais chimiques. — Voir à l'analcime.

(1) *Bull. Soc. min.*, t. VII (1884), p. 79.

CHABASIE. $\dot{Ca}^2, \dddot{Al}^2, \ddot{Si}^9 + 14\,\dot{H}$.

La chabasie est très abondante dans les roches; ses formes sont faciles à reconnaître, mais il arrive parfois qu'elle remplit entièrement de petites cavités de telle sorte qu'il n'est plus possible de trouver des cristaux distincts.

Rhomboédrique. Clivage suivant *p* (100). Un axe optique négatif.

En lumière polarisée, les teintes de polarisation sont le gris bleuâtre faible; la biréfringence maximum est 0,0028.

Le clivage *p* (100) est net et l'on trouve souvent des surfaces de clivage $pp = 94^\circ$.

Il arrive souvent que l'on peut distinguer des formes nettes dans les coupes de roches. On voit alors que le pointement aigu du rhomboèdre est dirigé vers le centre de la géode. L'extinction a lieu alors suivant la bissectrice de cet angle aigu. La direction d'extinction est positive.

Parfois les plages de chabasie présentent des bandes hémitropes avec des extinctions à 7° ou 8° de la ligne de macle.

On constate aussi de nombreuses zones d'accroissement et des extinctions parfois zéolithiques.

Les faces d'association de ces macles semblent être *p* (100) et a^1 (111).

Diagnostic. — La chabasie peut être confondue avec l'analcime et l'eudnophite et enfin avec la lévyne, la gismondine et la gmélinite (voir plus loin).

Distinction avec l'analcime et l'eudnophite. — Les clivages, la biréfringence, les sections losangiques de signe positif permettent de distinguer facilement la chabasie de l'analcime et de l'eudnophite.

Essais chimiques. — La chabasie est facilement attaquable

par l'acide chlorhydrique avec dépôt de silice floconneuse ou semi-gélatineuse.

L'essai Behrens décèle l'alumine, l'essai Boricky la chaux, la soude et quelquefois la potasse.

LÉVYNE. $\dot{C}a, \dddot{\bar{A}}l\ \ddot{S}i^3 + 5\dot{H}$.

La lévyne tapisse les géodes de quelques basaltes. Elle se présente souvent en cristaux imparfaits.

Rhomboédrique. Un axe optique négatif. Clivage difficile suivant e^1. Il existe une macle par pénétration de deux cristaux dont l'un a tourné de 60° autour d'un axe normal à a^1 (111).

En lames minces, la lévyne se présente sous forme de plages sans bords rectilignes, fortement craquelées.

La macle est visible dans les sections transversales ; la direction parallèle à la ligne de macle est positive.

La biréfringence est faible. On constate en lumière convergente que le minéral est uniaxe.

Diagnostic. — La lévyne pourrait être confondue avec l'analcime, la chabasie, enfin avec la herschélite, la gmélinite et la gismondine (voir plus loin).

Distinction avec l'analcime. — La biréfringence plus forte et constante dans toutes les plages et la netteté de ses macles permettent de distinguer l'analcime de la lévyne.

Distinction avec la chabasie. — L'existence du clivage *p* très facile, les sections losangiques de signe positif, les macles multiples que l'on rencontre dans la chabasie n'existent pas dans la lévyne. Ces caractères servent à distinguer ces deux espèces.

Essai chimique. — La lévyne fait gelée avec l'acide chlorhydrique.

L'essai Behrens indique de l'alumine, l'essai Boricky de la chaux et de la soude (traces).

HERSCHÉLITE. $(\dot{Na}\,\dot{R})\,\dddot{\bar{Al}}\,\ddot{Si}^4 + 4\dot{H}$.

La herschélite forme dans les géodes des basaltes d'Aci-Castello (Sicile) de petits mamelons composés de prismes hexagonaux.

D'après M. von Lasaulx, la herschélite serait monoclinique. Dans la pratique on peut considérer ce minéral comme hexagonal (1).

Il existe un clivage perpendiculaire à l'axe vertical des cristaux. L'extinction a lieu parallèlement à cette trace de clivage. Cette direction est positive.

Les plages de herschélite présentent des alternances de bandes parallèles irrégulières très peu biréfringentes (herschélite) et de bandes plus biréfringentes constituées par un produit secondaire dont je n'ai pu encore déterminer la nature.

Ce produit secondaire est de signe négatif suivant son allongement : il a la même orientation cristallographique que la herschélite dans laquelle il est inclus, et par suite l'extinction a lieu simultanément dans toutes les parties d'une même plage.

Diagnostic. — La herschélite peut être confondue avec la gmélinite, la gismondine (voir plus loin), avec l'analcime, la chabasie, la lévyne et la christianite.

Distinction avec la christianite. — Les groupements mamelonnés de christianite accompagnent ceux de herschélite. Il est important de pouvoir les distinguer.

Le clivage net de la herschélite sans extinction parallèlement à ce clivage et ses inclusions permettent de reconnaître facilement ce minéral et de ne pas le confondre avec la christianite. (Voir plus haut.)

Distinction avec l'analcime, la chabasie et la lévyne. — Les

(1) *Zeit. Krystall.* V. (1882), p. 333.

mêmes caractères seront suffisants pour établir la distinction entre la herschélite et ces minéraux.

Essais chimiques. — L'acide chlorhydrique attaque facilement la herschélite avec dépôt de silice semi-gélatineuse.

L'essai Behrens donne de l'alumine, l'essai Boricky de la soude et de la potasse.

Gmélinite. $(\dot{C}a\ \dot{N}a)\ \dddot{A}l\ \ddot{S}i^4 + 6\dot{H}$.

La gmélinite se présente en cristaux assez nets dans les basaltes du comté d'Antrim (hydrolite), à l'île de Chypre, à Andréasberg et dans quelques autres localités ; aussi n'en parlerons-nous que pour mémoire.

Rhomboédrique. — Clivage parallèle à e^2 (112) signalé par G. Rose, mais difficile à constater dans les plaques minces.

La biréfringence est très faible, aussi le signe de l'axe optique est-il tantôt positif et tantôt négatif.

Dans les plaques que nous avons l'habitude de considérer, la gmélinite prend des teintes de polarisation très faibles, rappelant celles de l'analcime.

La gmélinite est très fendillée et souvent remplie de produits secondaires (hydrolite). Elle présente souvent des groupements irréguliers.

Diagnostic. — Elle se distingue de la chabasie et de la lévyne par sa biréfringence beaucoup plus faible, de l'analcime par ses groupements irréguliers et par la constance de sa biréfringence : on a vu en effet que l'analcime était souvent formée de plages isotropes enveloppant les plages biréfringentes.

Essai chimique. — L'acide chlorhydrique attaque la gmélinite avec dépôt de silice semi-gélatineuse.

L'essai Boricky décèle de la chaux et de la soude ; l'essai Behrens de l'alumine.

GISMONDINE. $(\dot{C}a, \dot{K})\ \dddot{A}l^4\ \ddot{S}i^9 + 18\dot{H}$.

M. Des Cloizeaux a fait voir récemment (1) que la gismondine était monoclinique ou rhombique. D'après M. von Lasaulx (2) elle serait triclinique.

La gismondine forme parfois de petits groupes cristallins assez difficiles à déterminer cristallographiquement (Capo di Bove).

D'après les observations de M. Des Cloizeaux, la bissectrice serait positive (n_g) et normale à une face tangente à une des arêtes des petits octaèdres pseudoquadratiques de la gismondine.

$$2H = 80 \text{ à } 90^\circ.$$

Les cristaux seraient formés par le groupement de quatre prismes de 93° 30′, ou de deux de ces prismes s'entrecroisant à 90°.

Lorsque l'on taille une lame mince dans une des masses cristallines de Capo di Bove, on observe une grande quantité de plages assemblées d'une façon irrégulière. La direction d'association la plus fréquente est de signe positif. Les extinctions sont très variables et incomplètes dans de semblables sections.

En lumière convergente, on constate que le minéral possède deux axes optiques écartés.

La biréfringence maximum est 0,0082, les teintes de polarisation qui y correspondent sont le gris de premier ordre.

Diagnostic. — La gismondine ne peut être confondue qu'avec les mamelons cristallins de christianite qui l'accompagnent quelquefois.

(1) *Bull. Soc. min.*, t. VI (1883) p. 301 ; t. VII (1884), p. 135.
(2) *Zeitschr. für Krystall.*, t. IV (1879).

Distinction avec la christianite. — La christianite présente un allongement assez net, et des clivages qui manquent à la gismondine. Ordinairement, les macles de la christianite sont nettes et faciles à reconnaître.

Lorsque la christianite se présente en très petits sphérolithes à files très serrées, nous avons vu que les macles perdaient de leur régularité, mais alors, grâce aux clivages, le minéral se divise en petits solides dans lesquels on remarque des extinctions zéolithiques très développées.

Essais chimiques. — L'acide chlorhydrique attaque la gismondine en faisant gelée.

L'essai Boricky donne de la chaux et de la potasse, l'essai Behrens de l'alumine.

En résumé, on voit que les zéolithes fibreuses se divisent en deux groupes distincts d'après leur biréfringence.

Les diagnostics donnés après chacune des espèces permettront de les reconnaître facilement.

Les zéolithes dépourvues d'allongement sont toutes peu biréfringentes. Leurs couleurs de polarisation sont un peu plus faibles que celles du quartz et presque nulles dans l'analcime et l'eudnophite.

Le tableau suivant, qui résume tous les caractères étudiés, fera ressortir les analogies et les différences qui existent entre les zéolithes (1).

J'espère être ainsi arrivé au but que je m'étais proposé, c'est-à-dire rendre pratique la détermination des zéolithes au point de vue pétrographique, en l'absence de formes cristallographiques mensurables.

(1) Dans le tableau, le signe + indique la présence.

ZÉOLITHES FIBREUSES OU LAMELLAIRES

	Système cristallin		Allongement					Clivages	Extinctions		Plan des axes	Bissectrice		2E	$n_g - n_p$	Composition chimique			Attaque par HCl donne	
					Signe															
	Orthorhombique	Monoclinique	$h^1 g^1$	pg^1 ph^1	+	−	±		Longitudinales	Obliques		+ n_g	− n_p			Al	Ca	Na	Silice gélatineuse	Sil. pulvérul. ou floconn.
Pectolite..	»	»	»	ph^1	1	»	»	p $a^{1/2}$	1	»	h^1	perp. à g^1	»	143° ($2H_0$)	0,0379	»	1	1	»	1
Prehnite... ..	1	»	»	pg^1	»	1	»	p	1	»	g^1	perp. à p	»	123° à 129°	0,0366	1	1	»	1	»
Thomsonite....	1	»	1	»	»	»	1	$g^1 h^1 p$	1	»	p	perp. à g^1	»	85° à 88°	0,0273	1	1	1	1	»
Mésotype.....	1	»	1	»	1	»	»	m	1	»	g^1	perp. à p	»	93°	0,0119	1	»	1	1	»
Scolésite.....	»	1	1	»	»	1	»	m	»	0° à 17°	zone ph^1	»	parall. à g^1	53° 4′	0,0083	1	1	»	1	»
Laumonite.....	»	1	1	»	»	»	1	$g^1 m$	»	0° à 45°	g^1	»	25° av. normale à h^1 antér.	52°	0,0090	1	1	»	1	»
Okénite.....	1	»	1	»	»	1	»	g^1	1	»	g^1	perp. à h^1	»	très grand	0,0091	»	1	»	»	1
Epistilbite	»	1	1	»	»	1	»	$g^1 p$	»	0° à 9°	g^1	»	8° 57′ avec h^1 antér.	67° 18′	0,0100	1	1	»	»	1
Stilbite.....	»	1	1	»	»	1	1	g^1	»	0° à 8°	g^1	»	0° à 8° av. h^1	51°	0,0093	1	1	»	»	1
Heulandite.....	»	1	1	»	»	1		g^1	»	»	ou p^1 g^1	perp. à g^1	»	52°	0,0066	1	1	»	»	1
Christianite....	»	1	»	pg^1	»	»	»	$p g^1$	»	1	perp. à g^1	14° av. normale à h antér.	»	$2H_a$ 69 à 87°	»	1	1	K	1	»
Harmotome....	»	1	»	pg^1	»	»	»	$g^1 p$	»	1	perp. à g^1	perp. à g^1	»	$2H_a$ 87 à 89°	»	1	»	Ba	»	1
Brewstérite....	»	1	1	»	»	1	»	$g^1 h^1$	»	1	perp. à g^1	perp. à g^1	»	93° à nv.	»	1	»	Sr Ba	»	1

ZÉOLITHES DÉPOURVUES D'ALLONGEMENT

	SYSTÈME CRISTALLIN			CLIVAGE	SIGNE de l'axe optique		COMPOSITION chimique			Attaqué par HCl donne	
	Quadratique	Rhomboédriq.	Monoclinique.	facile	+	—	Al	Ca	Na	Silice gélatineuse	Sil. pulvérul. ou floconn.
Apophyllite.....	1	»	»	*p*	1	1	»	»	»	»	1
Dolianite..... ..	?	»	»	*p*	»	1	1	1	»	»	1
Chabasie.....	»	1	»	*p*	»	1	1	»	1	1	»
Lévyne	»	1	»	»	»	1	1	1	»	1	»
Analcime.....	1	»	»	»	»	1	1	»	1	1	»
Eudnophite.....	»	»	orthorh.	3 clivages	»	bissectr.	1	»	1	1	»
Herschélite.....	»	?	»	*p*	»	1	1	»	1 K	1	»
Gmelinite... ...	»	1	»	»	»	1	1	1	1	1	»
Gismondine.....	»	»	?	»	bissectr.	»	1	1	K	1	»
Edingtonite.....	1	»	»	*m*	»	1	1	Ba	»	1	»
Faujasite	cubique	»	»	»	»	»	1	1	1	»	1

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 13195-5

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINO

NOTE DE M. G. CESÀRO

Bull. Soc. Min. 1885. T. VIII. Pl. IV

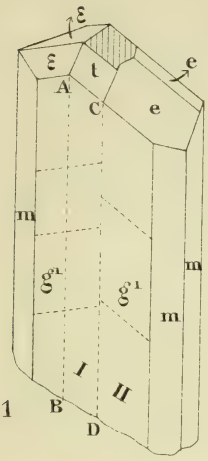


Fig 1

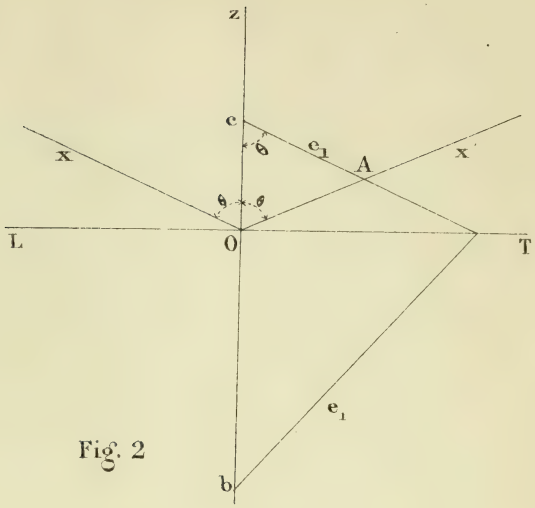


Fig. 2

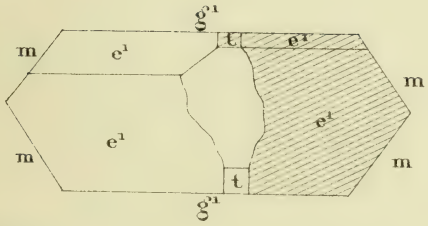


Fig. 3

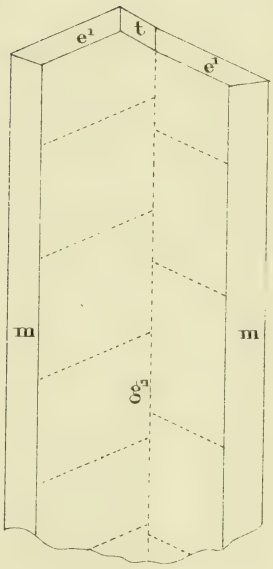


Fig 4

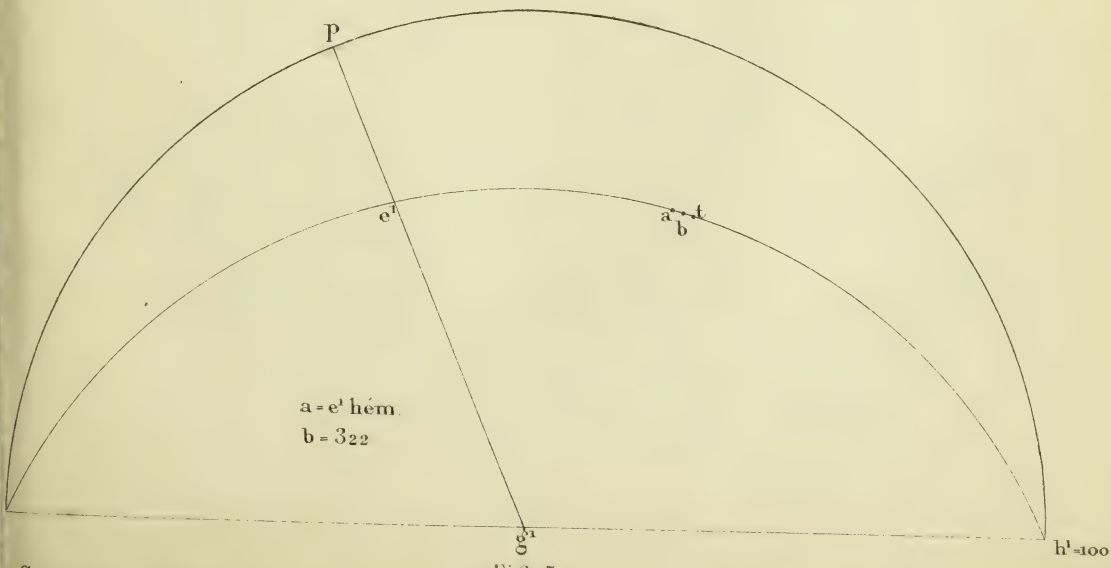


Fig. 5

G. Cesàro del.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF ILLINOIS

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

ANNÉE 1885. — BULLETIN N° 8

Compte rendu de la séance du 12 Novembre 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE LAPPARENT

Le président annonce trois présentations.

Il fait savoir que le Conseil d'État demande qu'il soit fait quelques modifications aux statuts votés dans la séance du 9 avril 1885; lecture est donnée du nouveau projet de statuts (1). La Société en vote l'adoption à l'unanimité.

Le président donne aussi lecture d'un rapport sur le rôle et les progrès de la Société depuis sa fondation, qui doit être remis au Conseil d'État, à l'appui du projet de statuts, en vue d'obtenir du gouvernement la reconnaissance comme établissement d'utilité publique.

M. le Dr DAGINCOURT fait hommage à la Société d'un exemplaire de l'*Annuaire géologique universel et guide du géologue* pour 1885.

Polyarsénite, nouveau minéral de Sjœgrufvan, paroisse de Grythyttan, gouvernement d'Œrebro, Suède.

PAR M. L.-J. IGELSTRÖM

Ce minéral, que j'ai découvert il y a déjà quelque temps à Sjœgrufvan, paroisse de Grythyttan, gouvernement d'Œrebro, est un arséniate hydraté de manganèse, plus riche en acide arsénique que les autres arséniates de manganèse déjà connus; c'est pourquoi je l'ai appelé Polyarsénite, nom

(1) Ces statuts seront publiés en tête du tome IX (1886).

dérivé de πόλυς, beaucoup, et de acide arsénique. Sa couleur est jaune rouge, il est transparent; il ne présente extérieurement aucune forme cristalline, ni aucun clivage. On le trouve dans des veines de calcite, avec un peu de barytine, accompagnant l'hæmatostibiite, minéral que j'ai découvert il y a quelque temps (1).

Ces veines de calcite ont une épaisseur de un centimètre ou de plusieurs centimètres; elles se trouvent dans une masse de téphroïte qui renferme également des grains microscopiques de polyarsénite, d'hæmatostibiite, de calcite et de Jacobsite ou magnétite. Cette masse de téphroïte donne à l'analyse quelques centièmes d'acide arsénique et d'acide antimonique.

Au chalumeau, dans le matras, la polyarsénite donne un peu d'eau; chauffée seule sur le charbon, elle donne quelques fumées d'antimoine, et fond facilement avec bouillonnement en un globule noir non magnétique. Ce globule ne devient vert ni dans le feu de réduction, ni dans le feu d'oxydation, tandis que les autres arséniates de manganèse, xanthoarsénite, chondroarsénite, etc., donnent une couleur verte dans le feu de réduction.

Avec la soude, au feu de réduction, la polyarsénite donne l'odeur de l'arsenic; elle est facilement soluble dans l'acide chlorhydrique.

Sur ma demande, M. P.-F. Clève d'Upsala a bien voulu prendre soin de l'analyse de ce minéral; cette analyse a été faite par M. H.-G. Söderbaum, et j'ai reçu à ce sujet la communication suivante :

ANALYSE D'UN ARSÉNIATE DE MANGANÈSE.

I. — $1^{gr},0068$ du minéral pulvérisé ont perdu au-dessus de l'acide sulfurique $0^{gr},0021$, et à 100°, $0^{gr},0057$ en plus;

(1) *Bulletin de la Soc. minér. de France*, 1885, n° 6, page 143.

mais la matière s'était oxydée, car elle était devenue noire, on n'a donc pas tenu compte de cette détermination de l'eau. Après traitement par l'acide chlorhydrique étendu, il est resté un résidu grisâtre, insoluble, pesant 0gr,0122; soit 1,21 pour cent du minéral desséché au-dessus de l'acide sulfurique.

La solution contenait donc 0gr,9925 de minéral pur desséché. On a obtenu :

0gr,6066 de sulfure de manganèse, correspondant à 0gr,4950 de protoxyde;

0gr,0283 de chaux.

0gr,0212 de phosphate de magnésie, correspondant à 0gr,0076 de magnésie;

0gr,5248 d'arséniate de magnésie, correspondant à 0gr,3894 d'acide arsénique;

Et 0gr,0170 de sulfure d'antimoine (déterminé d'après la méthode de Bunsen (*Lieb. Ann.* 129, page 317), correspondant à 0gr,0136 d'acide antimonique.

II. — 1gr,0144 de minéral pulvérisé ont perdu au-dessus de l'acide sulfurique 0gr,0013; après traitement par l'acide chlorhydrique, le résidu insoluble pesait 0gr,0137, soit 1,35 pour cent.

La solution renfermait donc 0gr,9994 de minéral pur desséché, qui ont donné :

0gr,6181 de sulfure de manganèse, correspondant à 0gr5044 de protoxyde;

0gr,0292 de chaux;

0gr,0205 de phosphate de magnésie, correspondant à 0gr,0073 de magnésie;

0gr,5235 d'arséniate de magnésie, correspondant à 0gr,3884 d'acide arsénique;

0gr,0099 de sulfure d'antimoine, correspondant à 0gr,0104 d'acide antimonique.

III. — $0^{gr},5083$ de minéral pulvérisé et desséché au-dessus de l'acide sulfurique, correspondant à $0^{gr},5018$ de substance pure, après déduction de 1,28 pour cent de quantité insoluble, moyenne de 1,21 et 1,35 trouvés dans les analyses I et II, ont donné, en les chauffant dans un courant d'air sec, $0^{gr},0158$ d'eau qui ont été recueillis dans un tube à chlorure de calcium. En même temps, la couleur du minéral de blanc jaune est devenue d'un brun noir. La perte de poids de la substance ne s'élève qu'à $0^{gr},0072$.

IV. — $0^{gr},3942$ de minéral pulvérisé et desséché au-dessus de l'acide sulfurique, correspondant à $0^{gr},3897$ de substance pure (calculé comme pour l'analyse III), ont donné, étant chauffés avec le bichromate de potasse, $0^{gr}0137$ d'acide carbonique.

On a donc obtenu les résultats suivants, tous rapportés au minéral desséché au-dessus de l'acide sulfurique, et soluble dans l'acide chlorhydrique.

	I	II	III	IV
Eau	[3,15]	[3,15]	3,15	
Acide carbonique.	[3,51]	[3,51]		3,51
Acide arsénique	39,23	38,86		
Acide antimonique. . . .	1,37	1,04		
Protoxyde de manganèse.	49,88	50,47		
Protoxyde de fer.	traces	traces		
Chaux.	2,85	2,92		
Magnésie.	0,77	0,73		
	100,76	100,68		

Deux déterminations du poids spécifique, faites avec $1^{gr},0458$ et $1^{gr},0722$ du minéral non pulvérisé, ont donné : $4^{gr},0826$ et $4^{gr},0888$; soit en moyenne $4^{gr},085$.

Laboratoire d'Upsala, 9 juin 1885.

H.-G. Söderbaum

	Oxygène	
CaO	0gr,0514	
MgO	0 ,0188	
	0gr,0702	Il faut retrancher la chaux, la magnésie et l'acide carbonique considérés comme carbonates.
CO^2	0 ,0797	

MnO	0,7068		4
As^2O^5	0,1698	0,1735	1
Sb^2O^5	0,0037		
HO		0,1750	1

Formule : $4MnO.As^2O^5 + HO$

Calculé :		
	MnO	53,38
	As^2O^5	43,23
	HO	3,39
		100

CLÈVE.

On connaît donc actuellement les arséniates de manganèse hydratés suivants, dont on peut faire la comparaison :

Chondroarsénite de Pajsberg, renfermant As^2O^5	33,50	HO	7
Xanthoarsénite de Sjœgrufvan.....	33,26		12
Polyarsénite —	43,23		3,29
Allaktite de Nordmark	28,57		9,94
Hæmafibrite —	30		12
Diadelphite —	22		14
Synadelphite —	29		11,5

Les formules peuvent s'écrire :

Chondroarsénite...	$5MnO\,As^2O^5 + 2\frac{1}{2}HO.$
Xanthoarsénite	$5MnO\,As^2O^5 + 5\,HO.$
Polyarsénite.....	$4MnO\,As^2O^5 + HO.$
Hæmafibrite.....	$6MnO\,As^2O^5 + 5\,HO.$
Allaktite.....	$7MnO\,As^2O^5 + 4\,HO.$
Diadelphite.....	$8MnO\,As^2O^5 + Al^2O^3(Fe^2O^3) + 8HO.$
Synadelphite	$5MnO\,As^2O^5 + Al^2O^3(Fe^3O^3) + 5HO.$

On voit que la polyarsénite est de tous ces arséniates celui qui renferme le plus d'acide arsénique et le moins d'eau. Il se rapproche plus que les autres de l'ancien minéral, la Berzéliite, qui est un arséniate anhydre. Tous ces arséniates hydratés proviennent-ils de la Berzéliite, c'est ce que je ne pourrais affirmer. Il faut cependant remarquer que tous les arséniates hydratés de manganèse sont de formation postérieure, car tous se trouvent dans les fissures ou les cavités, tandis que la Berzéliite ne se trouve jamais dans les fissures ou cavités, mais seulement dans une masse compacte.

Il faut pourtant considérer tous ces arséniates comme des combinaisons chimiques fixes, car il est déjà prouvé que plusieurs cristallisent, par exemple, l'allaktite, la diadelphite, la synadelphite.

Propriétés optiques de la polyarsénite et de la chondroarsénite.

PAR M. ÉMILE BERTRAND.

La polyarsénite, que M. Igelström vient de décrire, présente deux axes optiques écartés d'environ 83° (de 80° à 85°) la bissectrice aigüe est négative. Le minéral cristallise donc en prisme droit, oblique, ou doublement oblique; l'absence de faces cristallines et de clivages ne permet pas de déterminer auquel de ces trois systèmes le minéral doit être rapporté.

La chondroarsénite est dans le même cas; les deux axes sont très écartés, la bissectrice aiguë est négative.

Pour la xanthoarsénite la bissectrice aiguë paraît positive.

On voit donc que ces sept arséniates hydratés de manganèse sont tous cristallisés.

Sur un nouveau réfractomètre.

PAR M. ÉMILE BERTRAND.

Cet appareil, très simple de construction, et d'un très petit volume (5 centim. de long sur 2 centim. 1/2 de large), permet de mesurer très facilement les indices de réfraction des liquides et des solides.

Il se compose d'un tube de cuivre; à l'une des extrémités peut glisser un autre tube portant une lentille de deux centimètres de diamètre, et de quatre centimètres de foyer; cette lentille constitue l'oculaire. L'autre extrémité est coupée suivant un plan faisant 30° avec l'axe du tube, et sur cette section elliptique est fixée une plaque de cuivre, portant une lentille demi-boule de cinq millimètres de rayon en flint-glass de fort indice. La face plane de cette lentille correspond à la face extérieure de la plaque, et son centre se trouve sur l'axe de l'appareil. Un réticule de verre de huit millimètres de diamètre, divisé en dixièmes de millimètres, est placé au foyer de la lentille demi-boule, dans l'intérieur de l'appareil, normalement à l'axe. Une ouverture, fermée par un verre dépoli, permet à la lumière de pénétrer du côté opposé à l'oculaire.

En regardant dans l'appareil, après avoir mis un peu de liquide sur la face plane de la lentille demi-boule, on voit la partie supérieure du champ obscure, et la partie inférieure éclairée.

En effet, la lumière pénétrant dans la lentille demi-boule arrive à la surface de séparation du liquide, et lorsque l'inclinaison atteint ou dépasse l'angle de réflexion totale, la lumière se réfléchit et vient éclairer la portion inférieure du réticule.

La portion obscure est d'autant plus grande que l'indice

du liquide est plus élevé, et on lit la division par laquelle passe la ligne qui sépare la portion obscure de la portion éclairée; on en déduit l'indice du liquide.

Pour avoir l'indice des corps solides, on place contre la lentille une portion plane et polie du solide, en interposant un peu de liquide d'indice supérieur à celui du solide.

Pour graduer l'appareil, on mesure exactement, par la méthode ordinaire du prisme, les indices de différentes substances liquides ou solides, et on voit à quelle division correspondent les indices ainsi mesurés. On obtient de cette façon un tableau indiquant l'indice correspondant à chaque division.

Cet appareil donne exactement les deux premières décimales; cette approximation est suffisante dans bien des cas. On distinguera par exemple très facilement la sylvine du sel gemme, la barytine de la célestine, le pyroxène de l'amphibole, la jadéïte du jade, les différentes feldspaths (orthose, albite, oligoclase, labrador), les pierres taillées telles que quartz, béryl, topaze, corindon, etc., etc.

Les substances fortement biréfringentes, telles que le spath d'Islande, montrent à la fois deux lignes limites, correspondant l'une à l'indice ordinaire, l'autre à un indice plus ou moins voisin de l'indice extraordinaire. La première ligne reste fixe, et la seconde varie lorsqu'on tourne le minéral.

Une roche formée de deux minéraux, par exemple une pegmatite, montre deux lignes correspondant, l'une au feldspath, l'autre au quartz.

Pour les corps de faible indice, tels que la fluorine, il suffit d'employer comme immersion, l'huile, la neutraline, la benzine, etc.; mais pour les substances d'indice élevé, il faut employer des liquides de fort indice, tels que le sulfure de carbone, la naphtaline bromée, la dissolution saturée de

borotungstate de cadmium (1), ou mieux encore la naphtylphénylacétone dibromée, dont l'indice atteint 1,70. Cette substance m'a été donnée par M. L. Roux qui l'a découverte. Je crois très utile de la signaler, parce qu'elle peut rendre beaucoup de services à cause de son indice élevé. Elle n'a pas d'odeur, elle est parfaitement incolore lorsqu'elle est bien purifiée. Elle fond facilement, devient solide lorsqu'elle a été convenablement chauffée. Pour l'employer comme liquide d'immersion, on peut la rendre tout à fait liquide en y ajoutant quelques gouttes de naphtaline bromée, ce qui n'abaisse que très peu la valeur de l'indice.

J'indiquerai dans une autre note, comment on peut, au moyen du microscope, mesurer les indices avec une plus grande approximation.

Nouvelle disposition du microscope permettant de mesurer l'écartement des axes optiques et les indices de réfraction.

PAR M. ÉMILE BERTRAND.

Dans une note précédente (2) j'ai indiqué comment on pouvait, avec un objectif et un éclaireur de grand angle d'ouverture, observer au microscope, en lumière polarisée convergente, les courbes d'interférence dans les cristaux dont les axes optiques sont très écartés.

J'ai cherché à augmenter le champ le plus possible, et, avec un éclaireur ne dépassant pas en diamètre la dimension du tube inférieur du microscope, qui est d'ordinaire de vingt millimètres, je suis arrivé à voir les sommets des hyperboles avec une lame de scolésite perpendiculaire à la bissectrice obtuse. L'angle réel des axes étant de 145° à 146°,

(1) D. Klein, *Bulletin de la Soc. minéral. de France*, 1881, n° 6, page 149.
(2) *Bulletin de la Soc. minéral. de France*, 1885, n° 2, page 29.

on voit que le champ est considérablemnt augmenté, puisqu'avec les anciens appareils on ne voyait guère au delà de 70°.

En augmentant le diamètre de l'éclaireur, on peut encore augmenter le champ.

L'éclaireur que j'emploie se compose de trois lentilles assemblées presque au contact. La lentille supérieure est une demi-boule de cinq millimètres de rayon en flint, d'indice = 1,773. La seconde lentille en flint, de même indice, a douze millimètres de rayon, cinq millimètres d'épaisseur, et dix-neuf millimètres de diamètre. La troisième lentille est en crown ordinaire ; son foyer est de soixante millimètres, son diamètre de dix-neuf millimètres.

L'objectif pour l'examen des lames relativement épaisses (un quart à un demi-millimètre) se compose de trois lentilles assemblées presque au contact, toutes les trois en flint, d'indice = 1,773. La première est une demi-boule de un millimètre et demi de rayon. La seconde a un rayon de cinq millimètres, et trois millimètres d'épaisseur. La troisième a un rayon de douze millimètres, et deux millimètres d'épaisseur.

Pour les lames minces, de un centième à un dixième de millimètre, j'ajoute une quatrième lentille de treize millimètres de diamètre et quarante-cinq millimètres de foyer.

Il faut employer comme polariseur un prisme occupant toute l'étendue du tube qui porte l'éclaireur, afin de ne pas restreindre le champ. Un prisme de Nicol ordinaire, qui serait dans ces conditions, aurait une longueur de plus de cent millimètres. Il ne faut donc pas songer à employer un pareil prisme, puisque le tube qui doit le porter n'a en général que quarante-cinq millimètres de longueur. Mais il n'est pas nécessaire d'avoir un prisme dont le champ atteigne vingt-huit à trente degrés, comme cela a lieu pour

les prismes de Nicol. Un champ de vingt degrés est suffisant. On peut obtenir un prisme de vingt degrés de champ, occupant tout l'intérieur du tube cylindrique du microscope, c'est-à-dire de vingt millimètres de diamètre, et ne dépassant pas quarante-cinq à quarante-six millimètres de longueur.

Pour cela on prend un prisme de clivage de spath de vingt et un à vingt-deux millimètres de côté, et de cinquante-six à cinquante-sept millimètres de longueur. On abat les deux pointes par des plans passant par le sommet du rhomboèdre, perpendiculairement aux arêtes du prisme.

On coupe le prisme droit ainsi obtenu par un plan passant par deux arêtes opposées parallèles, ces arêtes n'étant pas celles qui passent par le sommet du rhomboèdre.

Le plan de section doit faire 24° avec l'axe du prisme. On recolle les deux morceaux avec une substance d'indice 1,42, et on donne enfin au prisme ainsi obtenu la forme cylindrique convenable pour qu'il entre dans le tube qui porte l'éclaireur.

Pour coller les deux moitiés du prisme, on peut employer une dissolution d'albumine et de gomme arabique en proportions convenables, ou toute autre substance ayant, après dessiccation, un indice de 1,42.

On obtiendrait un prisme polarisant encore plus court que le précédent en faisant la section à 30° de l'axe, et en collant les deux parties avec une substance ayant pour indice 1,36. L'albumine, ou une dissolution de silicate de potasse peut convenir, bien que l'indice après dessiccation ne soit pas exactement = 1,36.

La longueur de ce prisme n'est guère que une fois et demie celle du côté de la base, mais le champ ne dépasse pas 14°, ce qui serait insuffisant pour l'éclaireur à grand angle d'ouverture dont je viens de parler. Je ne cite ce

dernier prisme que parce qu'il peut être utile dans certaines circonstances où l'on aurait besoin d'un prisme court, et dans le cas où le champ du prisme de Foucault, qui n'est que de six à sept degrés, ne serait pas suffisant.

Lorsqu'on veut mesurer l'écartement des axes optiques par la méthode ordinaire, il faut enlever ce minéral de la fiche sur laquelle on l'a placé pour l'examiner au microscope, coller ce minéral sur une petite lame de verre et le porter dans la cuve à l'huile, où il faut le dresser et le centrer convenablement. Ces opérations sont quelquefois difficiles, surtout pour les très petits cristaux. Il peut même arriver que la mesure dans l'huile soit impossible. Ainsi une lame de calamine, perpendiculaire à la bissectrice obtuse, qui montre les deux systèmes d'anneaux avec le microscope que je viens de décrire, ne montrerait pas les sommets des hyperboles dans la cuve à l'huile. En effet, l'indice moyen de la calamine étant $\beta = 1,618$, si l'indice de l'huile est 1,48, la réflexion totale a lieu pour un angle de 66°, inférieur à l'angle 67° que chacun des axes optiques fait avec la normale à la plaque. La mesure ne pourrait donc se faire qu'en employant au lieu d'huile un liquide d'indice élevé.

Avec la disposition que je vais décrire, cette mesure s'effectue très facilement, sans qu'on ait besoin d'enlever le minéral de la place qu'il occupe sur le microscope. On peut en même temps mesurer, avec une assez grande approximation, l'indice moyen du minéral, et par conséquent calculer l'écartement réel des axes optiques.

Le microscope que j'ai fait construire dans ce but se compose d'un éclaireur de grand diamètre permettant d'obtenir le plus de champ possible. A cause du diamètre de l'éclaireur, le polariseur est une pile de glaces, et entre la pile de glaces et le miroir réflecteur se trouve une lentille

de huit centimètres de diamètre et huit centimètres de foyer.

Le corps du microscope, dont les différentes parties peuvent se centrer isolément, porte à la partie inférieure l'objectif à trois lentilles que j'ai décrit précédemment. Au dessus de cet objectif se trouve la quatrième lentille dont j'ai déjà parlé, cette lentille pouvant s'élever à l'aide d'une crémaillère en même temps que l'oculaire. Enfin, et indépendamment de l'objectif, cette partie supérieure du microscope, c'est-à-dire l'ensemble de la quatrième lentille de l'oculaire et de l'analyseur, peut prendre, à l'aide d'une crémaillère, un mouvement de rotation à droite ou à gauche de l'observateur, l'axe de rotation étant normal à l'axe de l'appareil et passant par le point de la préparation dont l'image vient se former au croisement des réticules de l'oculaire. Des divisions et un vernier permettent de mesurer les angles dont on fait tourner le tube du microscope soit à droite soit à gauche.

Le minéral étant collé sur une fiche et placé sur la platine tournante du microscope, après avoir mis dessus et dessous une goutte de liquide d'immersion, on abaisse tout le corps du microscope de façon que l'objectif vienne toucher la préparation. On abaisse alors la partie supérieure du tube qui porte l'oculaire, de façon à voir le minéral en lumière parallèle comme avec un microscope ordinaire.

Pour voir les courbes d'interférence, il suffit de remonter le tube qui porte l'oculaire jusqu'au point convenable, et pour mesurer l'écartement des axes optiques, on enlève l'objectif, ce qui se fait très facilement, et on le remplace par une lentille demi-boule de 5 millimètres de rayon et d'indice = 1,773.

En faisant tourner à droite, puis à gauche, le tube du microscope, et le mettant à la hauteur convenable, on voit

successivement les deux systèmes d'anneaux et on peut mesurer ainsi l'angle que chacun des axes fait avec la normale à la plaque.

Les dispersions s'observent ainsi très facilement. Pour mesurer l'écartement des axes optiques, il faut que le plan des axes soit à 45° du plan de polarisation. Il faudrait donc tourner la pile de glaces de 45°, ce qui présente quelque difficulté à cause de sa dimension.

Pour éviter de tourner la pile de glaces, je place au-dessous de l'éclaireur une lame de quartz perpendiculaire à l'axe de $2^{mm},0766$ d'épaisseur; en éclairant avec de la lumière jaune monochromatique, le plan de polarisation tourne alors de 45°, et il n'y a plus qu'à tourner l'analyseur, ce qui est facile.

Si on dépasse la position pour laquelle la branche d'hyperbole passe par le centre du réticule de l'oculaire, il arrive un moment où le champ n'est plus éclairé, et lorsque la limite du champ éclairé passe par le centre du réticule, on a précisément tourné d'un angle qui est l'angle limite θ de la lentille sur le minéral. On en déduit donc facilement l'indice du minéral $i = 1,773 \sin \theta$.

Si cet indice est élevé, il faut que le minéral soit collé sur une fiche de fort indice avec l'acétone dibromée. On ne peut donc pas mesurer les indices supérieurs à 1,70.

Si le minéral est placé sur une fiche ordinaire, et collé au baume du Canada, il faut, pour trouver l'indice, éclairer le minéral de côté, au-dessus de la platine, et non plus par transparence. On doit même en général donner la préférence à ce second procédé. Il est préférable également de déterminer les indices, non d'après la formule théorique, mais par comparaison avec des substances d'indice connu, comme je l'ai indiqué pour le réfractomètre.

On peut, par cette méthode, mesurer les indices de réfrac-

tion des liquides ou des solides avec une assez grande approximation. Lorsqu'au lieu d'un minéral isolé on examine une roche, on peut également trouver les indices des différents éléments dont cette roche est formée; mais le grand nombre de minéraux qui se trouvent à la fois dans le champ de vision de l'appareil oblige à prendre certaines précautions et à modifier un peu la façon de faire la mesure. Je reviendrai peut-être, dans une autre communication, sur ce sujet, ainsi que sur un procédé qui permet, avec le microscope que je viens de décrire, de mesurer les angles dièdres des cristaux microscopiques. Le cristal est placé au centre de la platine, sans qu'il soit nécessaire de l'orienter. Le mouvement de rotation de la platine, et celui du tube du microscope, permettent de trouver facilement la valeur de l'angle dièdre de deux faces du cristal.

Examen lithologique d'un granit amygdaloïde de la Vendée.

Par M. Stanislas Meunier, Docteur ès sciences.

M. de Kroustchoff a appelé de nouveau l'attention dans ces derniers temps (1) sur les nodules micacés que renferme le granit de Vermont, aux États-Unis, où ils ont d'abord été signalés par M. Hitchcock (2). Ce sont des masses noires et brillantes, fusiformes et mesurant jusqu'à 6 centimètres de grosseur sur 15 de longueur. Leur surface ridée rappelle celle d'un fruit desséché. L'existence de ces masses, en plein granit, offre évidemment un grand intérêt puisqu'on peut espérer de leur étude quelque lumière sur l'origine encore si obscure de la roche fondamentale.

(1) *Bulletin de la Soc. minéral. de France*, t. VIII, p. 132, 1885.
(2) *Report on the geology of Vermont*, t. II. p. 564, 1861.

C'est au même titre que je crois devoir joindre aux observations qui viennent d'être rappelées, celles que j'ai faites sur un noyau granitique analogue à certains égards aux précédents, mais dont l'origine est française et que je dois à l'extrême obligeance de M. le Dr Mignen. Il a été recueilli, en pleine roche, à la carrière de granit de Riaillé, commune de Saint-Hilaire-de-Loulay, à 500 mètres au nord de Montaigu (Vendée). La trouvaille de semblables noyaux est des plus rares : d'après M. le Dr Mignen, elle n'a pas été faite plus de cinq ou six fois depuis vingt ans; mon aimable correspondant en conserve un échantillon d'un quart plus petit que celui qu'il a bien voulu m'offrir.

Ce dernier a la forme d'un ellipsoïde aplati, sensiblement régulier, dont les trois axes mesurent respectivement 7, 8 et 12 centimètres. Ce très bel échantillon est, à l'extérieur, fort brillant à cause de l'abondance des lames de mica noir qui l'enveloppent complètement; mais le mica n'est en proportion exceptionnelle que tout à fait à la périphérie : un trait de scie au travers du nodule montre qu'à l'intérieur les paillettes sont en quantité tout à fait normale et n'observent aucune orientation spéciale. Il s'agit donc, non pas, comme en Amérique, d'une masse sphéroïdale constituée par des feuillets concentriques comparables aux tuniques d'un oignon, mais d'un noyau de granit à structure ordinaire, enveloppé d'une sorte de gaine micacée, qui le sépare de la roche granitique dans laquelle il était empâté.

L'examen microscopique d'une lame mince montre comment des faisceaux de lames de mica enveloppent les éléments minéraux de la région superficielle. On y voit aussi que ce mica très brun comme la biotite est associé d'une façon intime à la muscovite; il est très actif sur la lumière polarisée et se colore vivement. Les paillettes micacées sont habituellement tordues et brisées et les autres miné-

raux témoignant de leur ancienneté relative sont venus se mouler sur elles. — Le quartz est remarquable par le grand nombre de ses inclusions, les unes entièrement solides, les autres contenant un noyau liquide ou gazeux. Dans la première catégorie sont de véritables cristaux, tantôt aciculaires à la façon du rutile, tantôt ayant la forme du quartz lui-même. Il faut rapprocher de ces derniers des inclusions de la forme d'une section suivant l'axe, d'un prisme bipyramidé, mais dont la substance consiste en granulations opaques. — Le feldspath comprend de l'orthose, du microcline et du plagioclase en lamelles hémitropes. Dans le microcline, parfois à texture quadrillée très nette, par l'interposition d'un réseau de filets minéraux, on retrouve, outre des paillettes micacées et une matière nébuleuse blanchâtre, de longues aiguilles cristallines analogues à celles déjà mentionnées dans le quartz. En somme, à l'intérieur du noyau comme à l'extérieur, il s'agit ici du granit à deux micas parfaitement typique.

Sans vouloir risquer dès maintenant une hypothèse quant à l'origine des noyaux granitiques, j'ajouterai que j'ai cherché en vain dans celui-ci, la calcite dont M. de Kroustchoff indique l'existence dans les nodules de Vermont, et que nulle part les acides n'y ont provoqué d'effervescence sensible.

Note sur une roche basaltique de la Sierra Verde (Mexique).

PAR M. K. DE KROUSTCHOFF.

Cette roche a été recueillie dans un cañon de la Sierra Verde, à 25 milles au nord de Santa Rosa, non loin de Chihuahua. Elle paraît former un dyke de 2 à 3 mètres dans une espèce de marne décomposée jurassique, ou tria-

sique, mais il ne m'a pas été possible d'en déterminer l'âge véritable avec une certitude absolue.

Examen macroscopique. — L'aspect général de la roche est celui d'un basalte doléritique, très foncé, finement grenu et porphyrique. A l'œil nu on aperçoit, dans une pâte microcristalline noire verdâtre, les minéraux suivants :

1. Cristaux (de $0^{cm},5$) d'un feldspath très frais, limpide et en partie strié ;

2. Cristaux corrodés de pyroxène (jusqu'à 1^{cm}) d'une couleur beaucoup plus claire qu'à l'ordinaire;

3. Cristaux à contours nets et débris (jusqu'à $0^{cm},5$) d'une hornblende noire ;

4. Particules opaques de fer magnétique;

5. La pâte verdâtre foncée, d'une apparence franchement microcristalline englobe tous ces éléments porphyriques.

Examen microscopique. — La coupe mince présente sous le microscope, dans un tissu microlithique serré, de grands cristaux et débris porphyriques, appartenant aux minéraux suivants : plagioclase, sanidine, pyroxène, amphibole, apatite, fer magnétique avec très peu de fer titané; les éléments de la pâte sont : plagioclase, sanidine, augite, magnétite, substance verte chloritique et très peu de résidu vitreux. Éléments accessoires : zircon, leucoxène, rutile.

Structure minéralogique :

1. Cristaux et débris macroporphyriques : feldspath, hornblende, augite.

2. Cristaux et débris microporphyriques : feldspath, augite, apatite, magnétite.

3. Minéraux accessoires : zircon, leucoxène, rutile.

4. Pâte : feldspath, augite, magnétite, substance chloritique et verre incolore.

Constitution pétrographique :

Minéraux primitifs	essentiels	Plagioclase, sanidine Augite Amphibole Apatite Magnétite
	accessoires	Zircon Fer titané (très peu) Verre incolore
Minéraux secondaires		Substance chloritique Leucoxène Rutile

Plagioclase. — Le feldspath triclinique, en cristaux ou en débris limpides, montre ordinairement d'assez larges bandes (toujours) suivant la loi d'albite ; deux séries de lamelles hémitropes sont souvent réunies d'après la loi de Carlsbad.

Il paraît que c'est une roche à deux plagioclases, car j'ai obtenu deux séries différentes d'extinctions; la moyenne de la première s'élève au maximum de 36°, tandis que la seconde ne surpasse jamais 16°. Selon les calculs de M. Michel-Lévy, ces deux plagioclases pourraient être rapportés à l'anorthite et au labradorite. Les cristaux sont souvent doués d'une magnifique structure zonaire; dans leur partie centrale ou suivant les zones d'accroissement s'accumulent des particules scoriacées, presque opaques, et certains individus en sont littéralement criblés. Ils ne renferment en outre qu'assez peu d'autres interpositions : pores gazeux et hyalins incolores, imitant la forme du cristal; inclusions liquides à bulles mobiles ne disparaissant point, même quand la préparation était portée à une température de 100° c.; — aiguilles arrondies d'apatite, tantôt incolores

et limpides, tantôt criblées de petites productions trichitiques et brunâtres : — rares grains ovoïdes de zircon. Les microlithes feldspathiques de la pâte s'entrelacent si diversement et forment un tissu si dense, que leur extinction ne peut pas être appréciée avec une certitude suffisante.

Orthose-sanidine. — Le feldspath clinorhombique possède en général le même aspect et les mêmes interpositions que le plagioclase et peut être considéré comme une sanidine typique ; les macles, suivant la loi de Carlsbad ne sont pas rares. Il paraît qu'il y en a une certaine quantité dans le tissu microlithique même, car beaucoup de lamelles ne sont point maclées et s'éteignent sous un angle très petit.

Amphibole. — La hornblende, en cristaux à contours très nets ou fréquemment aussi en débris irréguliers, est douée d'une structure très caractéristique : elle est toujours bordée d'un cadre complètement opaque plus ou moins épais, dont les contours intérieurs et extérieurs tantôt tranchent nettement et tantôt se montrent estompés. Souvent, on n'aperçoit plus au milieu du cristal opaque qu'un petit morceau de substance amphibolique brune transparente. J'ai en outre remarqué une association intime, quoique irrégulière, d'amphibole avec le pyroxène : l'espace intérieur du cadre opaque est alors occupé par ces deux ou même par plusieurs corps : hornblende, augite, feldspath, magnétite et apatite, qui seul forme aussi des inclusions dans la zone noire. Cette amphibole, parfois d'une apparence fibreuse, est excessivement dichroïque : suivant l'axe prismatique c brun jaunâtre et rougeâtre (stil de grain), suivant l'axe a brun-bistre très foncé (presque noir) ; l'extinction maximum est de 14°. On y rencontre encore de rares pores gazeux et hyalins ; — de magnifiques inclusions liquides à bulles douées d'un mouvement très vif et expansibles ; — des cristaux déformés d'apatite.

La hornblende et l'augite sont ici des éléments d'une consolidation simultanée, parce qu'ils s'associent et s'enveloppent réciproquement. Il me semble que l'écorce noire de l'amphibole est principalement due à l'action d'un réchauffement survenu après sa consolidation d'autant plus que, c'est un fait bien connu, traité par un magma fondu, ce minéral s'entoure d'une zone plus ou moins épaisse (selon la durée de l'expérience) complètement opaque, dont l'opacité doit être attribuée, à une abondante sécrétion de fer magnétique et d'une poussière noire (1). Ses cristaux ont parfaitement conservé leurs contours purs, le pyroxène, au contraire, a été corrodé, probablement à cause de sa fusibilité plus facile. Quoique la plupart des augites microporphyriques soient très bien cristallisés, on en trouve aussi qui sont entourés d'une espèce d'enduit floconneux opaque (accumulation d'une poussière noire), de sorte que leurs formes disparaissent entièrement; or, je n'ai pu décider si cette matière opaque devrait être considérée en ce cas comme simple enduit ou comme zone intégrante du cristal même.

Pyroxène. — Le bisilicate clinorhombique est représenté par les trois modifications suivantes :

I. Grands cristaux mal déterminés et débris macroporphyriques d'un jaune clair et passablement dichroïques : suivant $\mathfrak{c}$ jaune-clair, suivant $\mathfrak{a}$ jaune-rougeâtre; les clivages *mm* y sont indiqués par des fissures grossières et presque irrégulières, de manière qu'au premier coup d'œil il ressemble à l'olivine. On y trouve fréquemment de grands fragments d'amphibole. L'extinction sur g^1 fait un angle de 39° avec la trace des clivages *mm*. Ce pyroxène renferme une quantité considérable d'interpositions : cristaux courts

(1) Dœlter et Hussak, Ueber die Einwirk. geschm. Magmen, etc. *N. J.* 1884, p. 23. Becker, Ueber die schwarze Umrandung, etc. *N. J.* 1883, tome II, 1.

d'apatite ; — granules et cristaux cubiques de magnétite ; — de rares zircons ; — canaux vides ou gazeux ; — pores liquides à bulles immobiles et non expansibles ; — un grand nombre d'inclusions vitreuses incolores ; la plupart de celles-ci atteignent des dimensions considérables et imitent souvent avec une précision parfaite la forme de l'augite : $b\ ^1/_2.\ h^1.\ m.\ g^1$; elles contiennent, outre les vacuoles, diverses petites cristallisations en paillettes ; — plusieurs fois j'ai rencontré des inclusions liquides à bulles mobiles au milieu du pore vitreux ; ce liquide, qui, à cause de sa non-expansibilité à une température supérieure de 100° C ne peut être que de l'eau, a donc coexisté avec la matière hyaline fondue.

II. Les augites microporphyriques, au contraire, très nettement cristallisés, d'une couleur jaune plus claire et beaucoup moins, quoique encore sensiblement dichroïques, possèdent des clivages très marqués et s'éteignent à 37°. On y observe beaucoup moins d'inclusions : pores vitreux et grains de magnétite. Certains individus sont entourés, comme il a été déjà dit plus haut, d'une couche opaque floconneuse.

III. Les grains et microlithes difformes d'un troisième pyroxène vert-clair sans trace de dichroïsme composent avec le plagioclase la partie dominante de la pâte ; cependant on y rencontre çà et là des pelotes de microlithes d'augite sans plagioclase, qui jouent alors le même rôle que les autres secrétions porphyriques. L'extinction rapportée à la longueur des microlithes est de 37°. Dans les individus plus grands j'ai aperçu des inclusions gazeuses, vitreuses, liquides, bien visibles et des particules de fer oxydulé.

Apatite. — L'apatite n'est pas un élément accessoire, mais essentiel, parce qu'elle abonde partout et régulièrement dans cette roche. Ses grands cristaux à $0^m,002$, tantôt parfaitement déterminés tantôt arrondis et corrodés sont

quelquefois dichroïques; sa substance incolore à l'ordinaire est souvent tellement criblée de petites productions brunâtres, qu'elle prend une teinte violacée et alors devient sensiblement dichroïque; parfois un même cristal est à moitié incolore, à moitié imprégné de ces interpositions, qui apparaissent, même aux plus forts grossissements, en forme de longs poils brunâtres dans les sections suivant l'axe du prisme et comme des points ou des virgules dans celles suivant la base.

Magnétite. — Le fer oxydulé abonde partout, ce qui explique la pesanteur de la roche; un très petit nombre seulement de particules opaques insolubles dans les acides peuvent être considérées comme du fer titané, d'autant plus que plusieurs d'elles sont entourés d'une substance blanchâtre ressemblant au leucoxène.

Des lambeaux d'une matière *chloritique* fibreuse entrent dans la composition du tissu microlithique de la pâte ou forment des inclusions dans les éléments porphyriques. Il paraît qu'aussi une partie du résidu vitreux se transforme par décomposition en substances vertes analogues.

Zircon. — L'élément accessoire le plus intéressant est sans contredit le zircon. Quoique j'eusse dû sacrifier pour l'extraire (d'après la méthode de Thurach (1) et ensuite la mienne (2) tout ce qui me restait encore de mon échantillon, je fus amplement récompensé de l'avoir fait. Ce zircon est déjà intéressant à cause de son occurrence dans une roche basaltique; de plus, il y a une différence remarquable entre son apparence cristalline et celle qui est si répandue dans les roches éruptives anciennes. Ses cristaux, plutôt tabulaires que prismatiques, offrent toujours la même

(1) Thurach, Ueber das Vorkommen microsc. Zircone, etc. *Soc. phys. med. Würzbourg*, 1884, t. XVIII.

(2) Le résidu d'après Thurach traité par HFl.

combinaison $b^{1/2}$ (111) et *m* (110). Une paire de plans du prisme et de la pyramide se développe également et prédomine, de sorte que le cristal prend l'aspect d'une mince tablette presque carrée avec de très petites troncatures aux angles. D'une couleur ordinairement blanc grisâtre, il devient quelquefois aussi jaunâtre.

On trouve dans cette variété de zircon, comme de coutume, d'assez nombreuses interpositions :

1° En première ligne doivent être mentionnés les pores vitreux incolores d'une grandeur souvent considérable, avec une ou plusieurs vacuoles ; ceux-là ne montrent jamais la forme cristalline de l'hôte (110, 111), comme il arrive si souvent.

2° Cavités apparemment vides.

3° Petites inclusions liquides à bulles, qui, immobiles à l'ordinaire, changent de place quand on chauffe la préparation à 100° C.

4° Des aiguilles incolores, que l'on pourrait peut-être rapporter à l'apatite surtout, puisqu'elles renferment çà et là les mêmes trichites que l'apatite porphyrique. L'apatite serait donc un élément d'une consolidation antérieure même au zircon.

J'ai employé une petite quantité de zircon isolé pour l'analyse spectrale d'après ma méthode (1) et les résultats ont été très satisfaisants : le spectre lumineux du zirconium était bien caractérisé et il n'y avait pas moyen de s'y méprendre. A mon grand étonnement j'ai pu revoir aussi en ce cas ces raies singulières qui n'ont rien de commun ni avec celles du titane, ni de l'étain ni d'un autre corps que j'aie déjà rencontré depuis que je me livre à l'analyse spectrale. Dans ce but j'ai étudié une quantité considérable de différentes occurrences de zircon et j'espère que bientôt

(1) *Bull. Soc. min.*, t. VII, p. 212.

je parviendrai à décider à quel corps doivent être attribuées ces lignes problématiques. Avec les raies du zirconium apparaissent conjointement celles du titane et je rapporte en conséquence au rutile certains petits grains et éclats brunâtres, qui s'attachent en petite quantité au zircon isolé; il est probable que ce rutile se forme par décomposition et aux dépens du fer titané (1).

Dans la *pâte* presque entièrement cristalline ne se cache que très peu de matière hyaline incolore et homogène, qui forme de fines membranes, des lambeaux entre les éléments microlithiques et des inclusions dans les grands cristaux.

Examen chimique.—La roche pulvérisée et séchée à 200° C a cette composition :

Densité, 3.045. (à 14° C.)

Analyse

Silice	48.52	=	25.877	Oxygène	26,237
Acide titanique	0.90	=	0.360	»	
Alumine	12.21	=	5.690	»	8.480
Oxyde ferrique	9.30	=	2.790	»	
Oxyde ferreux et manganeux	7.14	=	1.586	»	8.101
Magnésie	6.15	=	2.460	»	
Chaux	10.21	=	2.915	»	
Soude	3.01	=	0.777	»	
Potasse	2.12	=	0.363	»	
Acide phosphorique	1.02	=	0.575	»	
Zircone	0.06(6)				
Perte au rouge	0.34				
Somme	100.98				

(1) Cathrein, *Zeitschr. f. Krystallogr.*, t. VI, 3.
Lasaulx, *Zeitschr. f. Krystallogr.*, t. VIII, 1.

Discussion de l'analyse I

Oxygène de la silice et de l'acide titanique	26.237
» des sesquioxydes.....	8.480
» des protoxydes.....	8.105

$$= 26.237 : 8.480 : 8.101 = \frac{8.480 \times 8.101}{26.237} = 2.237$$

quotient de l'oxygène.

Éléments		*Quotients*	
Si.....	22.643	= 0.8087	
Al.....	6.520	= 0.2330	0.3492
$\overset{\prime\prime\prime}{\text{Fe}}$.....	6.510	= 0.1162	
Fe (Mn)...	5.554	= 0.0991	
Mg... ...	3.690	= 0.1537	0.4351
Ca	7.295	= 0.1823	
Na.....	2.233	= 0.0970	0.1420
K.....	1.758	= 0.0450	
Ti.....	0.540	= 0.0112	
P	0.445	= 0.0143	
O	42.821	= 2.6763	

$$1.7605 : 2.6763 = \frac{1.7605 \text{ somme des quotients}}{2.6763 \text{ quotient de l'oxygène}} = 0.657 \text{ quotient.}$$

Le pyroxène (1) macroporphyrique, extrait, par triage, très soigneusement à la loupe et séché à 200° C. m'a fourni les proportions suivantes :

Densité 3.379 (à 13° C.).

(1) J'ai pris seulement les fragments les plus purs et transparents.

Analyse II

Silice	45.33 =	24.176	Oxygène	24.656
Acide titanique ...	1.20 =	0.480	»	
Alumine.....	6.94 =	3.231	»	4.676
Oxyde ferrique....	4.81 =	1.442	»	
Oxyde ferreux (et manganeux)....	3.11 =	0.691	»	13.183
Magnésie..... ...	15.62 =	6.248	»	
Chaux.....	19.58 =	5.600	»	
Soude.....	2.11 =	0.545	»	
Potasse	0.58 =	0.099	»	
Somme.....	99.28			

Discussion de l'analyse II.

Oxygène de la silice et de l'acide titanique. 24.656
» des sesquioxydes..... 4.676
» des protoxydes..... 13.183

$$= 24.656 : 13.183 : 4.676 = \frac{4.676 \times 13.183}{24.656} = 2.501$$

quotient de l'oxygène.

Éléments		*Quotients*	
Si.....	21.154 =	0.7555	0.7705
Ti.....	0.720 =	0.0150	
Al.....	3.706 =	0.1350	0.1951
Fe'''	3.368 =	0.0601	
Fe (Mn)..	2.420 =	0.0432	0.7807
Mg.... ..	9.372 =	0.3905	
Ca	13.980 =	0.3470	
Na.....	1.565 =	0.0680	0.0803
K.....	0.481 =	0.0123	
O	42.515 =	2.6200	

Somme des quotients 1.8266 : 2.6200 quotient de l'oxygène

$$= \frac{1.8266}{2.6200} = 0.697 \text{ quotient.}$$

L'absence absolue du péridot et la quantité tout à fait insignifiante du fer titané dans cette roche ne lui impriment point un caractère franchement doléritique, dont elle se rapproche cependant de près par sa constitution chimique. D'un autre côté l'abondance de l'apatite et de la hornblende, éléments essentiels en ce cas, lui donnent un type particulier et spécifique. Par conséquent, il faut considérer cette roche, doléritique d'après l'apparence chimique et physique, mais dont la constitution pétrographique conserve son propre caractère, comme une modification particulière du basalte. Il serait peut-être permis de la ranger dans la catégorie des basaltes à plagioclase et à amphibole et à l'appeler spécialement d'après sa richesse en apatite *Basalte doléritique à apatite* (1).

Breslau, octobre 1885.

Note sur une nouvelle face de l'anatase,

PAR M. G. CESÀRO.

Sur un cristal d'anatase, provenant de Binnen, nous avons rencontré la face $b^{5/3}$ non signalée jusqu'à présent.

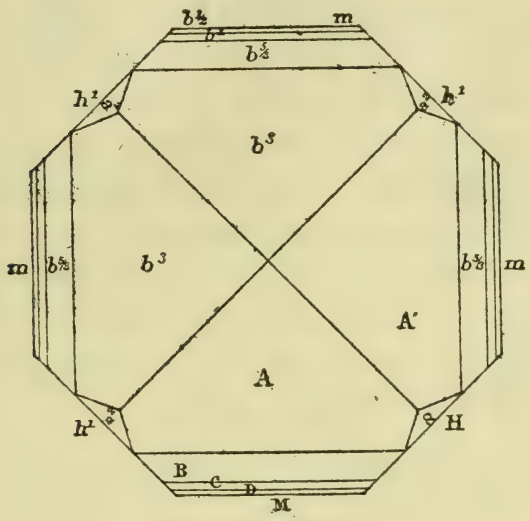
Le cristal dont il s'agit a un peu plus d'un millimètre de dimension maxima, mais ses faces sont d'une grande netteté et parfaitement miroitantes : il est presque transparent et d'un beau jaune; sur l'échantillon duquel il a été détaché se trouvaient en même temps du quartz, de l'adulaire et de la magnétite.

La figure ci-après le représente en projection horizontale.

La nouvelle face B, ainsi que les faces A et H, don-

(1) Doleritischer apatitreicher Plagioklasbasalt mit viel Hornblende.

nent des images d'une netteté parfaite, de façon que les angles qui s'y rapportent ont pu être mesurés avec précision : les faces α, C, D et M n'ont pu donner lieu, à cause



de leur exiguïté, qu'à des mesures approximatives. Nous avons négligé quelques faces dioctaédriques mal développées.

Voici les angles polaires mesurés :

AA'	AB	AC	AD	AM	MH
54° 1'	16° 30'	29°	38° 45'	50° 15	45°

AH	BH	α H	α A	α A'
63°	53° 52'	29° 22'	39° 33'	39° 33'

Le rapport des axes a été calculé en partant de a^2a^2=121°16' sur h^1 (1) ; on a obtenu : $\frac{a}{c} = 0{,}3978924$.

En partant de ces angles, on trouve que :

$$A = b^3, \quad B = b^{5/3}, \quad C = b^1, \quad D = b^{1/2}, \quad \alpha = a^2.$$

(1) Des Cloizeaux. *Manuel de Minéralogie*, t. II, p. 200.

Voici la correspondance des angles calculés et mesurés :

Angles	Calculés	Mesurés	Angles	Calculés	Mesurés
$b^3b^3_{\text{adj.}}$	125° 59′	125° 59′	b^1b^3	151° 39′	151°
$b^3h^1_{\text{adj.}}$	117°	117°	$b^3b^{1/2}$	141° 12′	141° 15′
$b^3b^{5/3}_{\text{adj.}}$	163° 30′	163° 30′	$a^2h^1_{\text{adj.}}$	150° 38′	150° 38
$b^{5/3}h^1_{\text{adj.}}$	126° 6′ 27″	126° 8′	a^2b^3	140° 30′	140° 27′

Comme la face D est à peine visible et que les mesures ne sont par conséquent qu'approximatives, il est possible que D soit la face $b^{8/15}$ de M. Klein.

Liège, le 31 octobre 1885.

Quelques considérations sur l'isomérie et le polymorphisme.

PAR M. G. WYROUBOFF.

Dans le courant de mes recherches sur les tartrates, j'ai été tout naturellement amené à examiner attentivement les notions qui ont cours aujourd'hui sur l'isomérie. En parcourant les ouvrages les plus récents de chimie, je me suis vite aperçu, non sans grand étonnement, que ces notions étaient extrêmement vagues, variables et parfois contradictoires. On a bien décrit un nombre incalculable d'isomères, on a bien proposé beaucoup d'hypothèses ingénieuses pour en interpréter la structure, mais on a négligé de donner une définition quelque peu précise de l'isomérie.

Tant qu'on avait affaire aux substances gazeuses et liquides, la définition classique de *composition identique avec propriétés différentes* était tout à fait satisfaisante. La difficulté a commencé le jour où il a fallu aborder l'étude des isomères solides et particulièrement des isomères cristallisés. On a été fort embarrassé lorsqu'il s'est agi de trouver une

ligne de démarcation qui ne soit pas absolument arbitraire, entre *l'allotropie*, *l'isomérie* et le *polymorphisme*, et l'on a imaginé des termes nouveaux (isomérie physique, optique, géométrique, chimique), qui ont introduit une obscurité nouvelle dans une question déjà passablement obscure. Il est arrivé là, en effet, ce qui arrive toujours lorsqu'on crée dans la science des mots nouveaux pour désigner des inconnues; chaque auteur les entend à sa manière et les applique au gré de ses conceptions théoriques. Il en résulte un double tort : une confusion qui, loin de diminuer, augmente sans cesse, et une habitude de se contenter de mots au lieu d'étudier patiemment les choses.

Il ne me paraît pourtant pas bien difficile, même avec nos connaissances actuelles, fort incomplètes, de tracer d'une façon assez exacte du moins les grandes lignes qui séparent l'isomérie des phénomènes voisins. Si l'on se place en dehors de toutes les théories et sur le terrain de l'observation pure, on remarque sans peine que tous les corps différents de propriétés, mais identiques de composition centésimale, se divisent en deux grands groupes : les uns restent différents entre eux dans les combinaisons dans lesquelles ils entrent — c'est le cas des quatre acides tartriques, des trois toluidines, des deux oxydes de chrome, etc.; les autres cessent d'être dissemblables dès qu'on y introduit quelque élément nouveau — c'est le cas des trois acides titaniques, des deux carbonates de chaux, pour ne citer que les exemples les plus typiques et les mieux connus. Quelles que soient les idées théoriques sur la structure intime des corps, il est certain que ces deux groupes existent et qu'il faut par conséquent les distinguer nettement. Le premier de ces groupes correspondra à *l'isomérie* dans le sens le plus large du mot (polymérie et métamérie), le second au *polymorphisme*.

Cette première division une fois admise, on peut procéder aux subdivisions de chacun des deux groupes.

1. *Isomérie.*— La distinction entre la polymérie et la métamérie ne souffre aucune objection, puisqu'elle est basée, non sur une hypothèse, mais sur l'observation très positive des densités de vapeur; elle correspond à un fait scientifique précis, et il faut la conserver, du moins pour les cas fort rares, il est vrai, dans les isomères cristallisés où ces densités peuvent être déterminées. Tout autre est le caractère de ce qu'on appelle l'isomérie physique, géométrique, optique, chimique. On a remarqué qu'un certain nombre d'isomères, les acides tartriques, par exemple, ne différaient entre eux que par des propriétés physiques, leurs fonctions chimiques étant semblables, et l'on en a fait une classe à part; les deux acides tartriques actifs étant absolument identiques entre eux, sauf dans leur pouvoir rotatoire, on a établi pour eux un genre d'isomérie particulier. Toutes ces divisions sont absolument irrationnelles, car elles ont pour point de départ des considérations purement hypothétiques. Rien ne nous démontre, en effet, que les différences entre les isomères doivent être d'ordre chimique plutôt que d'ordre physique, que des arrangements différents des mêmes éléments en mêmes proportions doivent nécessairement se distinguer par les fonctions chimiques *et* les fonctions physiques. Les deux éthers xanthiques, si différents par leurs réactions, ne sont-ils pas physiquement identiques? pourquoi l'acide tartrique actif et l'acide tartrique inactif, physiquement si dissemblables, ne peuvent-ils pas avoir les mêmes caractères chimiques? Il faut remarquer de plus que nous sommes loin d'être d'accord sur les limites précises qui séparent les phénomènes chimiques des phénomènes physiques. Qu'est-ce, par exemple, que l'eau de cristallisation, un mélange ou une combinaison?

Or, les isomères, et notamment les acides tartriques, se distinguent justement par leur hydratation. On peut ajouter enfin, que si les isomères appelés « physiques », comme les acides tartriques ou camphoriques sont en général parfaitement semblables au point de vue de leur action chimique, il s'en faut de beaucoup que cette identité soit absolue. C'est ainsi qu'ils ont des affinités très différentes pour un même métal, surtout si ce métal est lui-même d'une faible activité chimique ; c'est ainsi encore que les deux acides tartriques droit et gauche, pourtant si semblables dans la très grande majorité des cas, deviennent très différents lorsqu'ils se combinent à des substances complexes comme la cinchonine ou la quinine, et résistent très différemment à la fermentation produite par les moisissures. Il importe donc fort peu de savoir de quel ordre sont les différences qui prédominent entre deux isomères, et il n'y a aucune raison de subdiviser l'isomérie en *chimique*, *physique*, *optique*, *géométrique*.

2. *Polymorphisme.*— Ici, aucune subdivision ne semble utile, sauf celle consacrée par l'usage, et qui se rapporte au nombre des formes qu'un corps possède (dimorphie, trimorphie).

Reste l'*allotropie* qu'on est fort embarrassé de classer. Si par ce terme on entend les différences d'état des corps simples, on devrait sans hésiter le supprimer du langage scientifique ou créer des subdivisions nouvelles et imaginer des mots nouveaux pour désigner le polymorphisme des composés binaires, ternaires, quaternaires. On pourrait dire, il est vrai, que dans le cas d'allotropie il s'agit le plus souvent de substances amorphes; mais ceci importe peu, car entre l'amorphie et la cristallisation il existe toutes sortes de formes de passage, et d'ailleurs la plupart des corps allotropes sont en partie amorphes, en partie cristallisés. La difficulté

que présente le classement de ces corps est d'un autre ordre. Il est certain que plusieurs d'entre eux, l'oxygène, le soufre, le phosphore, se polymérisent; pour d'autres, le carbone, le silicium, la polymérie est grandement probable. L'allotropie serait dès lors un cas d'isomérie, non de polymorphisme. Mais l'isomérie suppose, nous l'avons vu, la persistance des différences dans les composés dans lesquels l'isomère entre comme partie constituante; or, les diverses modifications allotropiques semblent donner, en se combinant à d'autres éléments, des composés parfaitement identiques. Toutes les formes du soufre donnent un même hydrogène sulfuré, un même acide sulfurique; tous les phosphates sont identiques, quelle qu'en soit l'origine. Rien n'est cependant moins certain. S'il est vrai que dans les combinaisons résultant de réactions violentes, les corps allotropes polymérisés reviennent à leur état monomère, il n'est pas douteux qu'ils se conservent tels quels dans d'autres combinaisons, comme l'ozone dans l'eau oxygénée et dans le peroxyde de baryum, le graphite dans l'acide graphitique. Nous entrons ici du reste dans un domaine à peu près inexploré, et la prudence nous commande une extrême réserve devant des questions qui n'ont été ni résolues, ni même sérieusement posées.

Les allotropes sont-ils tous polymères ou bien certains d'entre eux sont-ils métamères? Cette métamérie se conserve-t-elle dans quelques-unes du moins des combinaisons dans lesquelles ils entrent, comme semblent le démontrer, pour le soufre, par exemple, le dimorphisme d'un grand nombre de sulfures métalliques? En présence de toutes ces inconnues, aucune conclusion positive n'est possible, et l'allotropie doit occuper provisoirement une place intermédiaire entre le polymorphisme et l'isomérie.

Ceci ne nous empêche pas de résumer les faits acquis,

qui peuvent nous servir de point de départ pour les recherches ultérieures. On peut les formuler ainsi : en prenant les formes types à caractères tranchés, les corps différents de propriétés quoique identiques de composition centésimale, sont *métamères*, *polymères* ou *polymorphes*. Entre les deux premières catégories et la troisième viennent se placer les corps allotropes qui paraissent être tantôt simplemant polymorphes, tantôt plus ou moins nettement isomères.

Si, maintenant, au lieu de s'en tenir exclusivement aux résultats de l'observation précise, on voulait soumettre cette classification à l'épreuve des idées théoriques qui règnent actuellement sur la constitution intime des corps, elle se trouverait encore rationnelle. Il n'y a que deux façons de concevoir l'architecture des corps, qui diffèrent par leurs propriétés tout en possédant la même composition centésimale : ou bien ils sont formés de molécules identiques diversement disposés ou bien les molécules qui les composent sont elles-même différentes. Dans le premier cas, on a le polymorphisme, dans le second l'isomérie. En se plaçant à ce point de vue, ou pourrait dire avec M. Zincke (1) qu'il n'y a dans les deux cas qu'une isomérie, qui est tantôt *moléculaire*, tantôt *atomique*, mais il me semble préférable de s'en tenir aux dénominations anciennes, acceptées par tout le monde, et qui ont l'avantage de ne point procéder de conceptions nécessairement hypothétiques sur les molécules et les atomes.

On conçoit que les substances isomères puissent présenter à leur tour deux cas distincts : ou bien les molécules dissemblables se disposent de la même manière, ou bien elles se disposent de deux façons différentes ; on aura dans le premier cas des isomères géométriquement iden-

(1) *Ann. der Ch. und Ph.*, t. LXXX, p. 244.

tiques, et dans l'autre des isomères géométriquement dissemblables.

On voit ainsi que les idées théoriques généralement admises et en dehors des hypothèses discutables qui ont été proposées par les diverses écoles chimiques, s'appliquent très bien aux subdivisions que je viens d'indiquer, et s'accordent parfaitement avec les faits que l'observation nous donne. Mais ce ne sont là, il faut bien l'avouer, que les termes très généraux du problème, et bien des questions restent à élucider avant d'arriver à une conception exacte de l'isomérie.

Il importe, par exemple, de savoir si les isomères peuvent avoir une même forme cristalline. A une pareille question, aucune réponse théorique n'est possible, car nous ignorons complètement les lois suivant lesquelles les molécules se distribuent dans un réseau cristallin. On peut dire, sans doute, que des molécules dont la structure intime est différente n'ont pas le même centre de gravité et par conséquent, les mêmes conditions d'équilibre; mais cela est encore une inconnue, et rien ne nous démontre que les dissemblances, en somme peu importantes, qui existent entre les isomères, puisqu'il s'agit des mêmes éléments combinés entre eux dans les mêmes proportions, doivent entraîner toujours et nécessairement des modifications dans l'architecture cristalline. C'est donc à l'observation qu'il convient de s'adresser, mais les difficultés qu'on rencontre sont nombreuses. En premier lieu, nous ne connaissons d'une façon précise qu'un très petit nombre de combinaisons isomériques, en second lieu la plupart de ces combinaisons ont des hydratations différentes et ne sont par conséquent pas directement comparables. On en est réduit à quelques exemples isolés qui ne permettent pas de formuler une conclusion générale. On peut pourtant affir-

mer, malgré le petit nombre de faits présentement connus, que l'isomérie n'est pas incompatible avec l'identité de forme géométrique; je citerai notamment l'exemple très instructif du tartrate et du racémate neutres de rubidium. absolument semblables par leur forme primitive et leur structure complexe (1).

Non moins intéressante et plus délicate est cette autre question sur laquelle nous n'avons actuellement aucune donnée certaine. Deux molécules isomériques restent-elles différentes entre elles dans *toutes* les combinaisons dans lesquelles elles entrent et dans *toutes* les conditions de cristallisation? N'y a-t-il pas des circonstances particulières, naturellement variables d'une série à l'autre, dans lesquelles elles deviennent identiques, les différences de forme, si elles persistent, n'étant plus que le simple résultat de la polymorphie? Il est certain, par exemple, que les polymères se détruisent avec la plus grande facilité, que la molécule condensée revient à son état primitif sous l'influence d'actions chimiques souvent très faibles. D'autre part, les métamères eux-mêmes éprouvent quelquefois des modifications profondes dans leurs propriétés les plus caractéristiques, et cela au contact de corps qui sembleraient devoir être tout à fait neutres à leur égard. Ne savons-nous pas que le tartrate acide de calcium droit devient lévogyre lorsque sa solution est aiguisée d'acide chlorhydrique, que le tartrate neutre d'ammoniaque a un pouvoir rotatoire trois fois plus grand que celui de l'acide pur? Ces faits n'indiquent-ils pas que dans certaines conditions de combinaison, de solution ou de cristallisation, le pouvoir rotatoire peut disparaître complètement et rapprocher par conséquent la molécule de l'acide tartrique actif de celle de l'acide racémique ou de celle de l'acide inactif? Si cela était, — et cela

(1) *Bull. Soc. de min.* VI, 56 (1883.)

peut bien être, — il n'y aurait évidemment entre l'isomérie et le polymorphisme aucune différence essentielle, fondamentale, il n'y aurait qu'une série ininterrompue de transformations de plus en plus profondes, modifiant tantôt le réseau cristallin, tantôt les molécules elles-mêmes.

Il est enfin une troisième question qui doit être indiquée. L'isomérie produit, en général, deux formes géométriques différentes quoique voisines, comme dans les substances dimorphes; il y a lieu de se demander si les différences sont de même ordre dans les deux cas, ou bien si elles ont des caractères particuliers qui puissent les distinguer. En d'autres termes, les dissemblances géométriques qui sont dues à la disposition différente de molécules identiques, sont-elles comparables à celles qui résultent d'une disposition différente des molécules isomères?

Aucune de ces questions ne peut être présentement résolue, mais il m'a paru utile de les poser pour appeler sur elles l'attention des chimistes et des cristallographes.

Sur la loi de Gladstone et la variation de l'indice moléculaire,

PAR M. H. DUFET.

I. La loi de Gladstone $\frac{n-1}{d} = \text{const.}$ a été établie par ses auteurs indépendamment de toute idée théorique. Elle revient, comme l'a fait remarquer M. Mallard (1), à admettre que les corps transparents se composent de molécules réfringentes distribuées dans un milieu identique à l'éther du vide. Si l'on considère en effet une onde plane limitée à une surface égale à l'unité et se déplaçant d'une quan-

(1) MALLARD, *Traité de cristallographie*, t. II, p. 476.

tité e, petite en valeur absolue, mais grande par rapport aux dimensions des molécules; sur chacune des normales communes aux deux ondes se trouvera un nombre égal de molécules; le retard éprouvé sera donc le même sur chacun de ces points et la deuxième onde sera animée de mouvements concordants de même que la première. Si l'on appelle ε l'épaisseur de molécules traversées par chaque normale, et n l'indice du milieu moléculaire, le retard pour chaque point de l'onde sera

$$e - \varepsilon + \varepsilon n.$$

Cette équation pouvant d'ailleurs être considérée comme définissant d'une manière expérimentale la quantité n.

Donc, en appelant N l'indice apparent du corps,

$$Ne = e - \varepsilon + \varepsilon n, \quad N - 1 = \frac{\varepsilon}{e}(n - 1),$$

$\frac{\varepsilon}{e}$ est égal au volume v occupé par les molécules dans le volume 1 du corps; d'où

$$N - 1 = v(n - 1).$$

La quantité v est proportionnelle à la densité du milieu; on a donc

$$\frac{N - 1}{d} = \text{const.},$$

si l'on suppose constant l'*indice moléculaire n*.

Cette conséquence s'applique aux milieux anisotropes, et à toutes les longueurs d'onde. C'est donc dans le milieu moléculaire seul, que se produiraient les phénomènes de dispersion et de double réfraction et cette dernière en particulier ne dépendrait pas de la forme des mailles du réseau cristallin, ou du moins n'en dépendrait qu'en tant que cette

forme est en relation avec la symétrie de la molécule. C'est du reste sur une hypothèse toute semblable que M. Mallard a appuyé son explication d'un grand nombre de phénomènes intéressants dans les milieux cristallins, et en particulier de la polarisation rotatoire.

II. Jusqu'à quel point peut-on regarder n comme constant? Il semble bien qu'il en soit ainsi quand, la température restant constante, on fait varier par compression la densité du milieu.

C'est ce qui résulte des expériences de M. Jamin sur la variation d'indice de l'eau comprimée, et surtout de celles plus récentes de M. Quincke, comparées aux déterminations des coefficients de compressibilité faites par M. Grassi.

On peut encore faire varier la densité d'un corps par voie de mélange. La formule de Gladstone donne pour l'indice x d'un corps de densité D, formé d'un poids p d'un corps d'indice N et de densité d et d'un poids $1 - p$ d'un corps d'indice N′ et de densité d' la formule

$$\frac{x-1}{D} = p\frac{N-1}{d} + (1-p)\frac{N'-1}{d'}.$$

Cette formule suppose expressément qu'il s'agit de corps formant de véritables mélanges, c'est-à-dire ne réagissant pas chimiquement l'un sur l'autre. On sait que les recherches de Wüllner, de Landolt et plus récemment de M. B.-C. Damien les ont conduit à des nombres très rapprochés des nombres calculés. Les auteurs indiquent, il est vrai, que l'exactitude est plus grande en remplaçant l'indice par le terme constant A de la formule de Cauchy ; ceci reviendrait à dire que l'écart entre l'expérience et le calcul diminue avec la réfrangibilité des rayons, dans le *spectre visible*; car au delà la constante A n'a plus guère de signification, vu la nécessité d'introduire dans la formule de dispersion

un terme en λ^2 pour rendre compte des radiations obscures (formule de Briot).

Dans certains cas tout au moins, cet accord, plus satisfaisant avec la constante A, semble tenir à ce que les différents indices mesurés entrent dans le calcul de cette constante, qui devient alors une sorte de moyenne.

L'influence considérable d'un changement de température sur l'indice de réfraction des liquides contribue d'ailleurs à rendre plus difficiles ces vérifications.

Cet inconvénient n'existe pas dans les mélanges solides, comme ceux qu'on obtient en faisant cristalliser ensemble des sels isomorphes. Les recherches que j'ai faites à ce sujet (1), vérifiées par d'autres expérimentateurs, prouvent que dans ce cas on peut admettre la loi de Gladstone, non comme *loi limite*, mais comme loi très approximative, pour toutes les radiations et pour les différents indices des corps anisotropes.

III. Quand la température d'un liquide s'élève, son indice diminue, en même temps que la densité; mais, si la loi de Gladstone donne le sens du phénomène, elle cesse de le régir numériquement. Pour tous les liquides étudiés avec quelque soin, la variation d'indice pour 1° est plus grande en valeur absolue que la variation qu'on déduirait de la formule de Gladstone, fait qui peut s'interpréter par la variation de l'indice moléculaire.

Soit, en effet, la relation,

$$N - 1 = v(n - 1).$$

Par différentiation on en tire,

$$\frac{dN}{dt} = \frac{dv}{dt}(n-1) + v\frac{dn}{dt},$$

(1) H. Dufet. — Propriétés optiques des mélanges de sels isomorphes. *Bull. de la Soc. minér.* I, p. 50 et III, p. 180.

ou, en remplaçant v par sa valeur,

$$(1) \qquad \frac{1}{N-1}\frac{dN}{dt} = \frac{1}{v}\frac{dv}{dt} + \frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}.$$

Mais la densité du milieu est proportionnelle à v; d'où :

$$\frac{d\Delta}{dt}v - \frac{dv}{dt}\Delta = 0.$$

L'équation (2) peut donc s'écrire :

$$\frac{1}{N-1}\frac{dN}{dt} - \frac{1}{\Delta}\frac{d\Delta}{dt} = \frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt},$$

ou, ce qui est plus commode pour le calcul, en appelant V le volume à t^o du volume 1 à zéro :

$$\frac{1}{N-1}\frac{dN}{dt} + \frac{1}{V}\frac{dV}{dt} = \frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}.$$

La formule de Gladstone exigerait que le second membre fût nul. J'ai trouvé qu'*il était toujours négatif, et que, dans les divers liquides de réfrangibilité et de dilatation très différentes, les valeurs que l'on obtenait ainsi étaient assez voisines les unes des autres.*

J'ai comparé d'abord à cette formule les liquides dont j'ai étudié les variations d'indice et en particulier l'eau (1). Les valeurs de $\frac{dN}{dt}$ sont celles que j'ai déduites de mes expériences entre 10° et 50° et la moyenne des autres expéri-

(1) H. Dufet. — Recherches expérimentales sur la variation des indices de réfraction sous l'influence de la chaleur. *Bull. de la Soc. minér.* t. VIII, p. 171.

mentateurs (1) entre 10° et 0°. Les valeurs de $\frac{dV}{dt}$ sont déduites des Tables de M. Rossetti.

On trouve ainsi pour la raie D :

t	$\frac{dN}{dt}$	$N-1$	$\frac{1}{N-1}\frac{dN}{dt}$	$\frac{1}{V}\frac{dV}{dt}$	$\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$
0°	−0,0000065	0,3340	−0,000021	−0,000065	−0,000086
4	251	0,3339	73	0	73
10	515	0,3336	154	+0,000084	70
15	726	0,3333	218	149	69
20	909	0,3329	273	205	68
25	1078	0,3324	324	252	72
30	1228	0,3319	370	296	74
35	1357	0,3312	410	342	68
40	1462	0,3305	442	384	58
45	1538	0,3298	466	420	46
50	1582	0,3290	481	456	25

La constance de $\frac{dn}{dt}\frac{1}{n-1}$ paraîtra remarquable quand on réfléchira aux faibles variations de $\frac{dN}{dt}$ ou de $\frac{dV}{dt}$ qui suffiraient à altérer notablement la valeur du premier nombre.

L'expérience n'a pas montré que $\frac{dN}{dt}$ variât d'une manière notable pour les différentes couleurs. Ceci est parfaitement d'accord avec l'hypothèse de la constance de $\frac{dn}{dt}\frac{1}{n-1}$. Le calcul indique, en effet, entre les valeurs de $\frac{dN}{dt}$ relatives aux rayons extrêmes du spectre une différence trop petite pour être sûrement montrée par l'expérience.

Je ne citerai ici (2) *in extenso* que les résultats relatifs à

(1) MM. Jamin, Dale et Gladstone, Fouqué, Ruhlmann et Lorenz.

(2) Les tableaux complets se trouvent dans le *Journal de Physique*, 2e s., t. IV, p. 477.

l'eau. J'ai comparé à ce point de vue non seulement les liquides que j'ai étudiés, mais tous ceux étudiés par Dale et Gladstone, Landolt, Wüllner, etc., pour lesquels le coefficient de dilatation était suffisamment connu. Dans vingt-deux liquides étudiés par Landolt, dix-sept par Dale et Gladstone, je ne trouve d'exception relative au signe de $\frac{dn}{dt}\frac{1}{n-1}$ que pour deux liquides, l'acide propionique et l'éther amylacétique ; mais les composés amyliques et propioniques, présentent de telles variations dans leurs propriétés physiques avec le mode de préparation qu'il n'y a guère de comparaison possible entre les liquides d'origines diffférentes.

Ainsi donc, dans les liquides, l'*indice moléculaire* décroît quand la température augmente. Quant aux valeurs absolues de la quantité $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$, il est aisé de voir combien il est difficile de les obtenir exactement. Sans parler de l'incertitude résultant de la différence possible entre les liquides étudiés optiquement et ceux étudiés au point de vue de la dilatation, je ferai remarquer qu'une erreur d'une unité sur le second chiffre significatif de $\frac{dN}{dt}$ est multipliée par $\frac{1}{N-1}$, et par suite dans les liquides peu réfringents produit une erreur de deux ou trois unités sur le premier chiffre significatif de $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$.

Le fait sur lequel j'insisterai, c'est la constance de cette quantité pour l'eau. Le nombre obtenu pour l'eau se retrouve dans un certain nombre de liquides, au moins comme moyenne, et précisément parmi ceux dont le coefficient de dilatation paraît avoir été le mieux déterminé.

Ces liquides sont les suivants :

Alcool	(Dufet).
Térébenthène	(*moyenne*).
Éther	(Lorentz).
Acide acétique	(Landolt).
Benzine	(*moyenne*).
Alcool amylique	(Landolt).
Acide phénique	id.
Acétate de méthyle	id.
Acide formique	id.
Aniline	(Dale et Gladstone).
Nitrobenzine	id.
Iodure d'éthyle	id.
Chloroforme	id.
Glycérine	(Wüllner).

Il semble bien que dans les liquides très réfringents, la valeur absolue est plus grande (sulfure de carbone, bromure de phosphore), mais dans les liquides peu réfringents, en supposant à $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$, la valeur constante que ce nombre possède pour l'eau — 0,00007, on resterait en deçà des erreurs d'expérience, car il y a bien peu de liquides dans lesquels $\frac{dN}{dt}$ soit connu à $\frac{1}{100}$ près.

IV. Dans les corps solides, le signe de la quantité $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$ change, et elle devient positive. La diminution d'indice par une élévation de la température est toujours plus petite en valeur absolue que celle qu'on pourrait prévoir par l'application de la loi de Gladstone. La valeur qu'on trouve pour $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$ est en général assez voisine de $+0,000030$; de telle sorte que dans les solides peu réfrin-

gents et moyennement dilatables, l'indice diminue par la température comme dans les liquides; dans des solides peu dilatables et moyennement réfringents, l'indice ne varie pas (crown), plus réfringents (flint) ou très peu dilatables (calcaire, béryl), l'indice augmente. Il ne serait pas vrai de dire, comme on l'a fait, que l'indice augmente toujours dans les corps très réfringents; l'aragonite, et surtout l'anglésite sont la preuve du contraire.

Nous pouvons dès lors substituer à la variation en apparence complètement indéterminée et irrégulière de l'indice, la variation toujours dans le même sens de l'*indice moléculaire;* de sorte qu'il est possible d'indiquer *à priori*, dans un solide dont la dilatation est connue, le sens et jusqu'à un certain point la grandeur de la variation d'indice.

Il faut d'ailleurs bien remarquer que ce qui précède ne s'applique pas à la double réfraction; les divers *indices moléculaires* d'un corps biréfringent varient sous l'influence de la température de quantités inégales entre elles, bien que n'étant pas très éloignées les unes des autres, de sorte la dilatation *cubique* ne permet en rien de prévoir les variations de la double réfraction.

Voici les résultats que l'on obtient avec les différents solides, suffisamment connus au point de vue de la dilatation, dont la variation d'indice a été déterminée (1).

(1) Dans les déterminations faites par la méthode du prisme, chauffé dans une étuve, j'ai ramené la variation par rapport à l'air chaud à ce qu'elle serait par rapport à l'air froid, en ajoutant à la variation mesurée le produit de l'indice du corps par la variation d'indice de l'air.

Verres ($t = 50^\circ$)

	RAIES	$\frac{dN}{dt}$	$N-1$	$\frac{1}{N-1}\frac{dN}{dt}$	$\frac{1}{V}\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{D}\frac{dD}{dt}$	$\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$
1° Verre de St-Gobain ..	D	+0,00000162	0,5023	+0,0000032	+0,0000258	+0,000029
(Fizeau)		»	»	»	(Fizeau)	»
2° Verre de St-Gobain ..		+0,00000100	0,5280	+0,0000019	+0,0000258	+0,000028
(Id.)		»	»	»	(Id.)	»
Crown de zinc (Maes)...		0	0.5204	0	+0,0000255	+0,000026
(Id.)		»	»	»	(Id.)	»
Flint ordinaire.....		+0,00000260	0,6112	+0,0000042	+0,0000243	+0,000029
(Id.)		»	»	»	(Id.)	»
Flint lourd		+0,00000687	0,6820	+0,0000101	+0,0000198	+0,000030
(Id.)		»	»	»	(Id.)	»

Cristaux cubiques

	t	RAIES	$\frac{dN}{dt}$	$N-1$	$\frac{1}{N-1}\frac{dN}{dt}$	$\frac{1}{V}\frac{dV}{dt} = -\frac{1}{D}\frac{dD}{dt}$	$\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$	
Fluorine...	25°	D	−0,0000134	0,4339	−0,0000309	+0,0000560	+0,000025	»
(Dufet).			»	»	»	(Fizeau).	»	»
			»	»	»	+0,0000618	+0,000031	»
			»	»	»	(Kopp).	»	»
Fluorine...	25	Li	−0,0000136	0,4321	−0,0000310	»	+0,000025	+0,000031
(Baille).		C	133	0,4321	308	»	25	31
		D	129	0,4328	298	»	26	32
		F	115	0,4356	264	»	30	35
		»	»	»	»	»	(Fizeau).	(Kopp).
Fluorine...	25	D	−0,0000137	0,4339	−0,0000316	»	+0,000024	+0,000030
(Stefan).			»	»	»	»	(Fizeau).	(Kopp).
Fluorine (1).	25	D	−0,0000111	0,434	−0,0000256	+0,0000560	+0,0000304	»
(Fizeau).			»	»	»	(Fizeau).	»	»
			−0,0000136	0,434	−0,0000313	+0,0000618	+0,0000305	.
			»	»	»	(Kopp).	»	»
Sel gemme.	50	D	−0,0000388	0,543	−0,0000715	+0,0001223	+0,000051	»
(Stefan).			»	»	»	(Fizeau).	»	»
Sel gemme.	20	D	−0,0000369	0,5441	−0,0000678	+0,0001184	+0,000051	»
(Baille).	40		378	0,5433	696	1210	51	»
	60		386	0,5426	711	1236	52	»
	80		394	0,5419	727	1261	53	»
	100		402	0.5410	743	1287	54	»
Sylvine....	50	D	−0,0000360	0,4825	−0,0000746	+0,0001154	+0,000042	»
(Stefan).			»	»	»	(Fizeau).	»	»
Diamant (2).	67	»	+0,000012	1,411	+0,0000086	+0,0000042	+0,000013	»
(Baille).			16	1,429	110	(Fizeau).	15	»
			19	1,445	134	»	18	»
Blende (3)..	57	C	+0,0000379	1,3479	+0,0000281	+0,0000207	+0,000049	»
(Baille).		D	493	1,3717	359	(Fizeau).	57	»
		F	815	1,4386	567	»	77	»

(1) Les expériences faites par la méthode de M. Fizeau conduisent à des résultats notablement différents suivant la valeur du coefficient de dilatation linéaire admise pour en déduire la variation de l'indice N. Mais la valeur de $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$ en est presque indépendante.

(2) Les trois indices mesurés se rapportent à : commencement du rouge.
» » du vert.
» fin du vert.

(3) Les trois indices mesurés se rapportent à : rouge (environ de C).
» jaune (environ de D).
» bleu (environ de F).

Cristaux uniaxes.

	t.	$\frac{dO}{dt}\frac{1}{O-1}$	$\frac{dE}{dt}\frac{1}{E-1}$	$\frac{dV}{dt}\frac{1}{V}$ (Benoît)	$\frac{dn}{dt}\frac{1}{n-1}$ Ind. ordinaire	$\frac{dn}{dt}\frac{1}{n-1}$ Ind. extraord.
	0°	—0,00001148	—0,00001305	+0,00003343	+0,0000220	+0,0000204
	10	1149	1312	3409	226	210
	20	1150	1319	3475	233	216
Quartz.....	30	1151	1325	3542	239	222
(Dufet).	40	1152	1332	3608	246	228
O — 1 = 0,5442.	50	1153	1339	3674	252	234
E — 1 = 0,5533.	60	1154	1346	3740	259	239
Raie D	70	1155	1353	3806	265	245
	80	1156	1360	3872	272	251
	90	1157	1367	3938	278	257
	100	1158	1374	4004	285	263
Béryl.....	20	+0,00001561	+0,00001433	+0,00000128	+0,0000168	+0,0000153
(Dufet).	30	2121	2004	145	227	215
Raie D.....	40	3613	3518	171	378	369
	»	»	»	(Benoît).	»	»
Calcaire.....	35	+0,00000115 (1)	+0,00002253	+0,00001521	+0,0000164	+0,0000377
(Fizeau).	»	256 (2)	»	(Fizeau).	178	»

(1) D'après les mesures de M. Fizeau sur une plaque parallèle à l'axe.
(2) D'après les mesures de M. Fizeau sur une plaque perpendiculaire à l'axe.

Cristaux biaxes

	t	RAIES	IND.	$\frac{dN}{dt}$	N — 1	$\frac{1}{N-1}\frac{dN}{dt}$	$\frac{dV}{dt}\frac{1}{V}$	$\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$
Aragonite.....	40°	D	α	—0,0000156	0,69555	—0,0000224	+0,0000619	+0,0000395
(Rüdberg).			β	145	0,69017	210	(Fizeau).	409
			γ	112	0,53447	210	»	409
		C	α	—0,0000151	0,6329	—0,0000239	+0,0000547	+0,0000308
			β	168	0,6339	266	(Fizeau).	281
			γ	233	0,6444	362	»	185
		D	α	142	0,6356	224	»	323
Barytine.....	60		β	151	0,6366	237	»	310
(Arzruni).			γ	210	0,6472	324	»	223
		F	α	152	0,6420	237	»	310
			β	151	0,6430	235	»	312
			γ	237	0,6538	363	»	184
		C	α	—0,0000125	0,6191	—0,0000201	+0,0000532	+0,0000331
			β	105	0,6208	169	(Fizeau).	364
			γ	167	0,6278	266	»	266
		D	α	133	0,6215	215	»	317
Célestine.....	60		β	107	0,6233	172	»	360
(Arzruni).			γ	165	0,6303	262	»	270
		F	α	138	0,6274	221	»	311
			β	109	0,6292	172	»	360
			γ	166	0,6363	261	»	271
		C	α	—0,0000234	0,8689	—0,0000269	+0,0000670	+0,0000401
			β	218	0,8742	249	(Fizeau).	421
			γ	324	0,8851	366	»	304
		D	α	247	0,8761	283	»	387
Anglésite.....	60		β	206	0,8815	234	»	436
(Arzruni).			γ	313	0,8924	350	»	320
		F	α	235	0,8846	266	»	404
			β	199	0,9002	221	»	449
			γ	303	0,9115	332	»	328
			α	—0,000044	0,5207	—0,000084	+0,0000698	—0,000014
Gypse (1).....	20	D	β	14	0,5228	27	(Fizeau).	+0,000043
(Dufet).			γ	25	0,5305	47	»	23

(1) Les résultats que j'ai autrefois obtenus sur le gypse, me semblent un peu douteux au point de vue de la détermination des températures, principalement pour la variation des indices. Les nombres relatifs à la double réfraction me paraissent pouvoir être conservés; il y aurait lieu, ce que je compte faire à bref délai, de reprendre les autres mesures.

V. Dans le cas d'une dissolution, les molécules du solide dissous doivent conserver leurs propriétés optiques. Il est impossible d'admettre qu'il en soit autrement quand on voit les molécules dissymétriques affirmer cette dissymétrie par l'existence de l'hémiédrie non superposable dans les cristaux, et par celle du pouvoir rotatoire dans les dissolutions.

S'il en est ainsi, la dissolution d'un sel devra se comporter au point de vue de la chaleur d'une manière intermédiaire entre celle dont se comporte un liquide et celle dont se comporte un solide; dans le premier cas l'*indice moléculaire* décroît, dans le second il croît avec la température. Donc, une dissolution devra se rapprocher de la loi de Gladstone, s'en écartant dans le même sens que les solides, si elle est extrêmement concentrée, en sens inverse si elle est étendue, les variations étant toujours plus petites en valeur absolue.

Les expériences de M. Wüllner sur des dissolutions de chlorure de zinc, dont il a déterminé en même temps la dilatation, donnent comme moyennes des valeurs de $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$ relatives des trois raies de l'hydrogène, les résultats suivants :

		$\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$.
ZnCl.....	0,7181	+ 0,000029
HO.....	0,2819	
ZnCl.....	0,5744	+ 0,000015
HO.....	0,4256	
ZnCl.....	0,4787	— 0,000011
HO.....	0,5213	
ZnCl.....	0,3590	— 0,000031
HO.....	0,6410	

Les expériences de M. Fouqué sur les dissolutions de chlorure de zinc, celles de M. Goldschmidt sur les dissolutions d'iodure double de potassium et de mercure (liqueur de Thoulet) conduisent à des résultats analogues.

VI. En résumé, des mesures de variation d'indice faites jusqu'à présent pour des corps dont on connaît la dilatation, il ressort :

1° Que, dans les liquides, la dérivée de l'indice en fonction de la température, toujours négative, est aussi plus grande en valeur absolue que celle qu'on déduirait de la loi de Gladstone ; 2° dans les solides, elle est tantôt positive, tantôt négative et dans ce dernier cas plus petite en valeur absolue que celle qu'on déduit de la loi de Gladstone ; enfin, 3° les dissolutions très concentrées se comportent comme les solides, et plus étendues, comme les liquides.

Ces faits peuvent s'interpréter, comme on le fait pour la loi de Gladstone elle-même, par l'existence de molécules réfringentes disséminées dans l'éther du vide.

On a alors les lois suivantes :

1° Dans tous les liquides, l'indice moléculaire diminue quand la température augmente ; dans les liquides peu réfringents, la quantité $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$ est sensiblement la même. En particulier pour l'eau, cette quantité est constante de 0° à 50°, ce qui est en rapport avec ce fait que le maximum de densité ne coïncide pas avec le maximum d'indice.

2° Dans tous les solides, l'indice moléculaire augmente avec la température ; la quantité $\frac{1}{n-1}\frac{dn}{dt}$ a des valeurs qui sont voisines les unes des autres, sans être identiques comme le montre la variation de la double réfraction.

3° Les solides dissous conservent leur propriété.

4° La dérivée de l'indice moléculaire ne semble pas tendre vers zéro quand la longueur d'onde augmente, dans les liquides très réfringents, elle paraît seulement diminuer en se rapprochant d'une valeur voisine de celles que présentent les liquides peu réfringents (1).

(1) Je renverrai au Mémoire complet pour l'indication bibliographique des travaux que j'ai utilisés. (*Journal de Physique*, 2e s., t. IV, p. 477.)

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 22005-5.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ MINÉRALOGIQUE DE FRANCE

ANNÉE 1885. — BULLETIN N° 9

Compte rendu de la séance du 10 Décembre 1885

PRÉSIDENCE DE M. DE LAPPARENT

Le président annonce deux présentations.

Sont nommés membres de la Société :

M. ED. BONNET, Ingénieur des arts et manufactures, 1, rue du Peyrat, Lyon, présenté par MM. Gonnard et Lacroix;

M. le Professeur Dr MAX BAUER, à Marburg (Hesse), présenté par MM. Mallard et de Lapparent;

M. le Professeur Dr LIEBISCH, 8, Königsstrasse, Königsberg (Prusse), présenté par MM. Mallard et de Lapparent.

Braunite des mines de manganèse de Jacobsberg, Wermland (Suède).

PAR M. L.-J. IGELSTRÖM.

J'ai découvert ce minéral à Jacobsberg, et je l'ai décrit il y a déjà vingt et un ans (1); mais je n'en avais pas encore fait l'examen chimique et cristallographique dont je vais parler maintenant.

Il se trouve en grande masse ou en petits cristaux, la gangue est le calcaire primitif qui se trouve dans la granulite de Suède. Son aspect extérieur est semblable à celui

(1) *Annales des mines de Wermland*, 1864, page 73.

de la braunite d'Ilmenau et de Saint-Marcel, les cristaux ne se trouvent pas dans des géodes, mais seulement dispersés dans le calcaire avec des petits cristaux de grenat manganésifère rouge, d'idocrase noire (probablement manganésifère) en prismes carrés, d'un silicate de manganèse rose pâle, d'épidote manganésifère, de lamelles de mica, etc.

Les cristaux de braunite de Jacobsberg sont très petits, on ne peut voir leur forme qu'au microscope. La poussière est noire, non magnétique. On ne trouve des cristaux que dans le calcaire et non lorsque le minéral est en masse.

Le minéral traité par l'acide chlorhydrique donne de la silice gélatineuse. La silice est donc un élément constituant du minéral. Aucun des minéraux qui accompagnent la braunite, ne donne de silice gélatineuse avec l'acide chlorhydrique.

Deux dosages différents de la silice m'ont donné 8,09 et 9,25 pour cent, soit en moyenne 8,67 pour cent.

Au rouge, le minéral perd seulement quelques milligrammes; à une température plus élevée, il prend la couleur de l'oxyde Mn^3O^4.

Traité par l'acide chlorhydrique, il dégage du chlore, donne de la silice gélatineuse, la solution contient un peu de silice, mais la majeure partie reste sur le filtre.

Cinq analyses faites avec des cristaux purs m'ont donné pour cent parties :

	I	II	III	IV	V
SiO^2	8.09	9.25	—	—	—
FeO	1.33	—	—	—	—
PbO.MgO.CaO	1.60	—	—	—	—
PbO	—	—	—	—	0.65
O	—	—	8.09	8.25	—

Ces analyses ont été faites avec $1^{gr},013$ — 2^{gr} — $0^{gr},825$ — $1^{gr},11$ — $3^{gr},04$.

Les nombres 8.09 et 8.25 d'oxygène correspondent à 44 pour cent et 44.90 pour cent de MnO^2.

La moyenne des analyses donne :

SiO^2.....	8.67
MnO.....	80.23
FeO.....	1.33
MgO.CaO.....	0.95
PbO.....	0.65 (1)
O.....	8.17
	100.00

L'oxygène a été déterminé par la solution de permanganate de potasse titrée avec le sulfate de fer ammoniacal.

La totalité du protoxyde de manganèse pouvait être déterminée simplement par différence; je l'ai aussi déterminée directement. et j'ai trouvé un nombre très voisin de 80 pour cent.

On voit, d'après ces analyses, que la braunite de Jacobsberg a la même composition que la braunite d'Elgersberg, en Thuringe (2).

La braunite renferme vraiment la silice comme élément constituant essentiel. J'ai examiné également la braunite de Langban, trouvée en 1880 ; elle renferme, comme celle de Jacobsberg, de la silice que l'acide chlorhydrique sépare à l'état gélatineux. A Langban, on ne trouve pas de cristaux, mais seulement des masses compactes.

Je pense que l'analyse de la braunite d'Elgersberg, donnée par Turner, n'est pas exacte, peut-être Turner n'a-t-il pas recherché la silice.

La braunite renferme, je crois, le manganèse à l'état

(1) La baryte n'a pas été recherchée ni dosée avec certitude.

(2) C. Rammelsberg, *Ann. der Physik und Chemie*, tome CXXIV, 1865, n° 4.— Dana, *System of mineralogy*, 1868 et 1875.

d'oxyde, MnO^2 et non Mn^2O^3. La silice ne vient pas d'un silicate mélangé mécaniquement, comme le pensent MM. Von Kobell, Damour et Laspeyres (*Elemente der Mineralogie*, von C.-F. Naumann, 1877, page 335); car, avec les plus forts grossissements, je n'ai pu voir aucune impureté. La vraie formule ne doit pas être, je pense, celle que donne M. Dana (1) :

$$2\,(2\,MnO.MnO^2) + MnO^2.SiO^2$$

La forme des cristaux de braunite de Jacobsberg n'est pas l'octaèdre carré, comme d'ordinaire; je n'ai pu la déterminer avec certitude.

D'après M. Émile Bertrand, à qui j'ai envoyé des cristaux, la forme paraîtrait se rapprocher plutôt d'un rhomboèdre basé; mais les cristaux sont trop petits, et les faces trop arrondies, pour qu'on puisse rien affirmer.

Sur la Svanbergite de Horrsjöberg, Wermland (Suède).

PAR M. L. J. IGELSTRÖM.

Ce rare minéral fut découvert en 1851, dans la partie de la montagne d'Horrsjöberg, en Wermland, nommée Orrknöln; c'est une haute colline dont le sommet est formé de granit gneiss. En bas, à l'ouest, se trouvent les couches renommées de quartz coloré en bleu par le disthène. Dans cette localité, les cristaux de svanbergite sont relativement grands, environ un centimètre de longueur; ils sont insérés soit dans un grand mica blanc feuilleté (Damourite), soit dans la pyrophyllite radiée. On y trouve également un peu de lazulite, menaccanite, et apatite tantôt rouge, tantôt blanche. On n'y trouve pas de tourmaline.

(1) DANA, *Mineralogy*. 1868 et 1875.

En 1868, M. C. W. Blomstrand (1) a trouvé la svanbergite dans la mine de fer de Westana, en Skanie (Suède), dans un gisement semblable à celui d'Orrknöln.

Plus tard, ou en même temps, j'ai découvert la svanbergite à Horrsjöberg, mais dans une autre partie de cette montagne, à trois cents mètres environ au sud de l'endroit où on l'avait trouvée auparavant, et à dix mètres environ au sud de la source de Horrsjöberg, à peu de distance du sentier qui mène du chalet de Horrsjöberg à la montagne.

C'est le minéral de cette dernière localité que je vais particulièrement décrire.

Le gisement est assez semblable à celui d'Orrknöln, mais la pyrophyllite s'y trouve en plus grande quantité, et rarement à l'état radié; on la trouve plutôt en petites feuilles, ou en masses presque compactes, constituant alors une sorte de très belle pierre ollaire blanche.

Dans cette masse de pyrophyllite, se trouve un grand nombre de cristaux de svanbergite, mais ils sont petits (un millimètre), souvent microscopiques. A côté, et mêlés sans ordre, se trouvent des cristaux de tourmaline noire. Une seule fois, en 1883, j'ai trouvé des cristaux de svanbergite atteignant sept millimètres. Ils étaient dans une cavité, dans la masse de pyrophyllite, avec des cristaux de tourmaline noire. L'échantillon a été donné au Musée royal de Stockholm. Les cristaux ressemblaient comme forme et comme couleur à ceux d'Orrknöln. Ces grands cristaux ne laissent aucun doute sur leur nature, mais on pouvait douter que les petits cristaux presque microscopiques que l'on trouve en si grand nombre, soient de la svanbergite, d'autant plus que l'on trouve dans la même couche des grains de rutile de même couleur. J'ai fait une analyse du minéral, et j'ai trouvé qu'il renferme environ seize pour cent d'acide

(1) *Ofversigt af Kongl. Vetenskaps Akademiens i Stockholm Förhandlingar*, 1868.

sulfurique. J'ai prié M. W. C. Brögger d'en faire un examen cristallographique et optique. M. Brögger m'a communiqué le résultat qu'il a obtenu :

« Le minéral est vraiment la svanbergite, je l'ai examiné moi-même, assisté de M. C. Morton. Il est rhomboédrique, l'angle du rhomboèdre, mesuré sur trois petits cristaux, a été trouvé : 90° 20′ — 90° — 89° 46′, c'est-à-dire très voisin de 90°. Une lame parallèle à la base montre que le minéral est à un axe optique positif. Une lame parallèle à l'axe montre une double réfraction énergique, avec de vives couleurs d'interférence. Le clivage basique est très net. Les cristaux présentent généralement les faces du rhomboèdre et la base. Au microscope, en lame mince, le minéral paraît incolore ou faiblement jaunâtre, peu dichroïque, avec pigments de fer oxydé hydraté. »

Le minéral est donc bien la svanbergite. Les petits cristaux, même à l'œil nu, montrent la forme des cristaux d'Orrknöln.

Quant à la forme des cristaux de Westana, elle n'est, je crois, pas encore déterminée. M. Blomstrand dit seulement que le minéral se présente ordinairement sous forme d'agrégats cristallins grenus, plus rarement en cristaux clairement développés.

Les cristaux de svanbergite de Westana, que j'ai vus au Musée royal de Stockholm, m'ont paru avoir la plus grande ressemblance extérieure avec ceux de Horrsjöberg.

Sur la mesure des indices de réfraction des éléments microscopiques des roches.

PAR M. ÉMILE BERTRAND.

Avec le réfractomètre ou le microscope que j'ai décrits dans une note précédente (1), on mesure facilement les

(1) *Bulletin de la Société minéralogique de France*, 1885. N° 8, pages 375 et 377.

indices de réfraction des minéraux. Lorsque les appareils sont convenablement réglés, on obtient la troisième décimale à deux ou trois unités près. En employant comme liquide d'immersion la naphtylphénylacétone dibromée, que M. Schuchardt, de Gœrlitz, prépare d'après le procédé indiqué par M. Roux, et en y ajoutant quelques gouttes de naphtaline monobromée, pour la rendre liquide, on peut mesurer tous les indices inférieurs à 1,70.

Lorsqu'on veut mesurer les indices des éléments microscopiques des roches, il faut opérer de la façon suivante :

La roche à examiner étant taillée, en lame mince, comme on le fait d'ordinaire pour l'étude au microscope, on enlève le verre mince qui recouvre la préparation, on nettoye avec du chloroforme la surface sur laquelle était collé le verre mince, et on polit cette face. Il n'est pas indispensable de polir la face, mais la mesure des indices se fait mieux lorsque la surface est polie ; cette opération ne présente d'ailleurs aucune difficulté.

La préparation est placée sur la platine du microscope, et on abaisse jusqu'au contact la lentille demi-boule, en plaçant une goutte de liquide d'immersion entre cette lentille et la préparation. Au-dessus de la lentille demi-boule, à la partie inférieure du tube du microscope, on met une lentille achromatique de quarante à quarante-cinq millimètres de foyer, ou un objectif à long foyer et à grande distance frontale. On peut ainsi examiner la préparation comme avec un microscope ordinaire, et on amène au croisement des réticules l'élément de la roche dont on veut mesurer l'indice.

Pour faire cette mesure, on peut opérer de deux manières différentes. Si le minéral dont on cherche l'indice a une certaine étendue, on éclaire la préparation au moyen d'une lumière placée à une hauteur convenable au-dessus de la

platine, on incline le tube du microscope du côté opposé à la lumière, et on s'assure que le minéral que l'on veut examiner est seul éclairé. Si la lumière a trop d'étendue, on place devant un écran percé d'un trou de dimension assez petite pour que le minéral seul reçoive la lumière.

On cherche la position pour laquelle la réflexion totale se fait sur le minéral, et on soulève le tube du microscope à la hauteur convenable pour voir nettement la limite entre la partie du champ qui est éclairée et celle qui est obscure; on amène cette ligne limite au croisement des réticules, et on fait la lecture. De l'angle ainsi mesuré on déduit l'indice du minéral.

Si le minéral présente trop peu d'étendue pour qu'on puisse l'éclairer sans éclairer en même temps d'autres minéraux, il faut faire la lecture en laissant au point l'image du minéral, et non plus en soulevant le tube du microscope comme dans le cas précédent. Mais il faut alors avoir soin de placer au-dessus de la lentille achromatique un diaphragme dont l'ouverture est une fente de un demi-millimètre de large sur trois millimètres de long, la fente étant placée parallèlement à l'axe de rotation horizontal du microscope.

Sur la kirwanite et la hullite.

PAR M. A. LACROIX.

L'emploi du microscope en minéralogie, permet aujourd'hui de donner aux analyses des minéraux un caractère d'exactitude qu'elles n'avaient pas alors que l'on ne pouvait vérifier la pureté des échantillons soumis à l'analyse.

On sait combien est rare un minéral dépourvu d'inclusions, surtout lorsqu'il s'agit de minéraux fibreux ou cristallins. Aussi, un grand nombre de substances ont été

jusqu'à ce jour considérées comme des espèces distinctes et décrites sous des noms particuliers, qui ne sont que des mélanges de plusieurs minéraux, disséminés ou non dans de la matière amorphe.

J'ai entrepris l'étude de ces minéraux, et j'ai fait voir (1) que la bowlingite et la harringtonite étaient de ce nombre. Je m'occuperai aujourd'hui de la kirwanite et de la hullite.

Kirwanite. — Thomson a décrit sous le nom de kirwanite, de petites masses fibreuses d'un vert foncé, que l'on rencontre dans une roche basaltique du N.-O. de l'Irlande.

La kirwanite est généralement considérée comme une variété de glauconie. L'examen optique permet d'en déterminer la nature.

Si l'on examine en lumière naturelle une lame mince de kirwanite, on constate l'existence de fibres allongées disposées en faisceaux, et orientées suivant une direction unique.

En combinant l'étude du polychroïsme, des extinctions en lumière parallèle et l'examen en lumière convergente, on arrive aux résultats suivants :

Le plan des axes optiques est parallèle à l'allongement. La bissectrice est négative. L'extinction en lumière parallèle se fait à environ 18° de la direction d'allongement dans les sections parallèles au plan des axes optiques. La bissectrice aiguë fait un angle de 72° avec l'une des faces de la zone d'allongement. Dans les sections perpendiculaires à cette bissectrice, l'extinction se fait parallèlement à l'allongement.

On constate l'existence de clivages parallèles à l'allongement : ils sont au nombre de deux, ainsi que le font voir les sections transversales du minéral. Dans de semblables

(1) *Bull. Soc. min.* 1885, p. 96.

sections, les clivages se coupent sous un angle un peu supérieur à 120° et voisin de 124°, mais qu'il est impossible de mesurer exactement à cause de l'enchevêtrement des fibres dont il a été parlé plus haut. L'extinction a lieu suivant les bissectrices des angles de clivage.

Polychroïsme. — Dans les sections parallèles au plan des axes optiques, on voit que les teintes du polychroïsme sont le vert d'herbe foncé, suivant la direction du plus grand indice de réfraction (n_g) (direction de l'allongement) et dans la direction perpendiculaire n_p, le jaune sale.

Dans les sections perpendiculaires à la bissectrice, qui, nous l'avons dit, est négative, on retrouve le vert d'herbe foncé suivant l'allongement (n_g) et le vert jaunâtre suivant l'indice moyen (n_m).

Dans les sections transversales, le vert jaunâtre se produit suivant la bissectrice de l'angle aigu des clivages, et le jaune sale, suivant la bissectrice de leur angle obtus.

En résumé, on a donc au point de vue de l'absorption :

n_g = vert d'herbe foncé.
n_m = vert jaunâtre.
n_p = jaune sale.

Il résulte de l'ensemble de ces faits que cette substance est monoclinique et allongée suivant h^1g^1, que le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010), et que la bissectrice aiguë, qui est négative, fait avec h^1 (100) un angle d'environ 72°.

La biréfringence appréciée à l'aide d'un compensateur, a été trouvée égale à environ trois fois celle du quartz (0,026).

L'ensemble de ces propriétés rapproche la kirwanite des amphiboles : on peut même dire, qu'au point de vue optique, il y a identité complète entre ces deux substances.

Cependant, la composition chimique, telle que la donne Thomson, semble éloigner ces deux minéraux.

En effet, l'analyse est la suivante :

SiO^2.....	40.5
Al^2O^3....	11.41
FeO.....	23.91
CaO.....	19.78
HO.....	4.35
	99.95

Mais il faut tenir compte des minéraux qui accompagnent la kirwanite. Elle est toujours entourée d'une auréole jaune pâle clair, qui, au microscope, se résout en quartz granulitique, et en épidote secondaires. Il est donc certain, en raison de l'intimité du mélange, que l'analyse a été faite sur une substance imparfaitement purifiée des minéraux voisins.

Quant à l'eau, sa présence est facile à expliquer dans un produit secondaire tel que la kirwanite, et je me contenterai de rappeler une analyse de Deville faite sur de petits cristaux de hornblende de Trait-de-Roche (Vosges), dans lequel ce savant a trouvé 10 0/0 d'eau (1).

Dans tous les cas, j'ai cru intéressant de mettre en lumière cette analogie optique avec l'amphibole, tout en regrettant que le peu de substance que j'ai eu à ma disposition et que je dois à la bienveillance de M. Des Cloizeaux (Coll. du Muséum d'Histoire naturelle), ne m'ait pas permis d'en refaire l'analyse chimique. La roche qui sert de gangue à la kirwanite n'est pas un basalte, mais une porphyrite andésitique.

Pendant l'impression de cette note, M. H. Fischer a bien

(1) Des Cloizeaux, *Manuel de minéralogie*, I, p. 90.

voulu me communiquer son mémoire « *Kritische, mikroskopisch-mineralogische Studien*, aus der Festschrift, herausgegeben zur Feier der 50 jährigen Jubiläums der naturforsch. Gessellsch. zu Freiburg. 1871 », dans lequel il dit quelques mots sur la kirwanite.

Ce savant a vu que cette substance était composée d'amphibole mélangée à un minéral feldspathique, qui donne l'alumine trouvée par Thomson dans son analyse. On a vu que je considère cette substance interposée comme un mélange de quartz et d'épidote secondaires au même titre que l'amphibole.

L'épidote s'y présente comme toujours en aiguilles polychroïques allongées suivant l'arête $p\ h^1$ (001) (100). Les positions du plan des axes et la biréfringence sont bien celles de l'épidote normale. Quant au quartz, il se présente en plages granulitiques et renferme de nombreuses bulles.

Quant à la roche qui contient la kirwanite, elle est constituée par de longs microlithes d'oligoclase, noyés dans des produits de décomposition : elle est traversée par des filonnets de quartz granulitiques et d'épidote secondaire.

Hullite. — Les roches basaltiques de Carnmoney-Hill, près Belfast (Irlande), renferment dans leurs cavités un minéral brun, décrit par Hardman sous le nom de hullite (1).

Une lame mince de cette substance examinée en lumière parallèle est d'un brun verdâtre. Cette couleur est extrêmement irrégulière et varie d'un point à un autre, cependant l'on trouve parfois de petites parties d'un brun foncé uniforme. On y remarque de nombreuses fissures de retrait analogues à celles des argiles durcies.

Les inclusions de fer oxydulé et de calcite sont nombreuses. On y trouve également en certaine abondance des

(1) *Proced. Roy. Irel. Acad.* II, 1878, p. 161.

fragments de feldspath en général très petits, mais parfois assez gros pour que l'on puisse y constater la présence de la macle suivant la loi de l'albite et les extinctions caractéristiques du labrador. C'est, du reste, à cette espèce feldspathique qu'appartiennent les microlithes de la roche qui renferme la hullite.

En lumière polarisée, la hullite se comporte comme les substances isotropes. Cependant on trouve dans la masse des petites fibres polarisant légèrement et donnant une croix noire lorsqu'elles sont accolées en nombre suffisant. On peut rapprocher ce corps des produits gommeux auxquels donne naissance la décomposition de l'olivine.

La roche qui sert de gangue à la hullite est une belle dolérite labradorique à olivine et à structure ophitique.

La hullite s'est formée aux dépens des éléments ferromagnésiens et magnésiens de la roche.

Le défaut d'homogénéité de la substance, l'abondance des inclusions ne permettent pas d'admettre la fixité dans la composition de la hullite. Aussi ce fait joint à la nature colloïde de la substance est-il, à mon avis, suffisant pour que l'on ne puisse considérer la Hullite comme une espèce définie.

Propriétés optiques de la botryolite.

PAR M. A. LACROIX.

La botryolite se rencontre en petites masses réniformes tantôt opaques, tantôt translucides, dans les anciennes mines de fer de Kjenlid, près Arendal (Norwège).

On la considère généralement comme une variété amorphe de datholite. L'examen optique, qui, à ma connaissance, n'a jamais été fait par personne, vient confirmer l'identité de la botryolite et de la datholite.

Les sphérolithes de botryolite sont formés tantôt d'aiguilles divergentes du centre à la périphérie, tantôt de couches cristallisées successives, analogues à celles qui constituent les petits globules d'aragonite de Carlsbad.

Je dois à l'obligeance de M. Teleff Dahll un fragment de botryolite dont les fibres ont une longueur anomale ; malheureusement, leur texture est tellement serrée qu'il est difficile d'y constater les propriétés optiques propres à cette substance.

En lumière polarisée parallèle, l'extinction a lieu suivant la direction d'allongement. Comme dans les zéolithes fibreuses, l'extinction est souvent difficile à saisir à cause de groupements à axes n'étant pas exactement parallèles.

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à la zone d'allongement. La bissectrice est à peu près perpendiculaire à l'une des faces de cette zone. Elle est négative. L'angle des axes optiques est très grand et il est difficile de distinguer les bissectrices de la normale optique ; il faut pour cela avoir recours à la biréfringence des sections qui leur sont respectivement perpendiculaires.

Par suite de la position du plan des axes optiques par rapport à l'allongement signalé, ce dernier sera tantôt positif (sections perpendiculaires à la bissectrice), tantôt négatif.

On constate l'existence d'un clivage parallèle à l'allongement. Les sections transversales sont difficiles à étudier, à cause de la petitesse des éléments qui les constituent ; on constate seulement l'obliquité des extinctions par rapport à la trace du clivage.

La biréfringence la plus grande dans la zone d'allongement (perpendiculairement à la normale optique) est :

$$n_m - n_p = 0{,}0276.$$

La biréfringence maximum de la substance mesurée approximativement dans les sections parallèles au plan des axes optiques est :

$$n_g - n_p = 0{,}0494.$$

En résumé, on voit que la botryolite est monoclinique et allongée suivant l'arête ph^1 (001) (100). Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (010) et sa bissectrice, qui est négative est à peu près perpendiculaire à une des faces de la zone d'allongement. Or, la datholite est également monoclinique. Le plan des axes optiques y est disposé comme dans la botryolite : la bissectrice est négative et à peu près normale à p (001). Le clivage le plus facile est h^1 (100). Enfin, dans la datholite, on a la biréfringence suivante, calculée d'après les indices donnés par Des Cloizeaux.

$$n_g - n_p = 0{,}0478$$
$$n_m - n = 0{,}0262.$$

On voit que l'identité de ces deux substances est parfaitement démontrée. La quantité d'eau, un peu plus considérable dans la botryolite que dans la datholite, ne permet pas d'établir une distinction légitime.

Identité de la dréelite et de la barytine.

PAR M. A. LACROIX.

Dufrénoy a donné le nom de dréelite à de petits cristaux blancs à éclat nacré, auquel il attribue pour forme primitive un rhomboèdre de 93°. Il existe, d'après ce savant, des traces de clivage parallèlement aux faces du rhomboèdre.

L'analyse donnée par Dufrénoy est la suivante (1) :

$BaO.SO^3$.....	61.731
$CaO.SO^3$.....	14.274
$CaO.CO^2$.....	8.050
SiO^2.....	9.712
Al^2O^3.....	2.404
CO^2.....	1.521
HO.....	2.308
	100.000

Ce qui conduit à la formule $3BaO.\ SO^3 + CaO.SO^3$ en ne tenant compte que du sulfate de baryte et de chaux. L'attaque par l'acide chlorhydrique donne en effet une légère effervescence et fait voir que le carbonate de chaux est dû à des impuretés.

Ce minéral a été trouvé sur les haldes des mines de galène de la Nuissière (Chenelette), Rhône. Malgré de très nombreuses recherches, je n'ai pu trouver en place d'échantillons répondant à cette description. MM. Des Cloizeaux et Mallard ont bien voulu me communiquer les spécimens de cette espèce que possèdent les collections du Muséum d'Histoire naturelle et de l'École des Mines. J'ai pu ainsi obtenir quelques fragments de cristaux qui m'ont servi à cette étude.

Les cristaux sont extérieurement opaques, leurs faces sont très peu réfléchissantes ; j'ai pu cependant constater l'existence de deux angles de 90° et d'un angle obtus voisin de 101°. L'examen optique montre également que la dréelite n'est pas rhomboédrique, mais bien orthorhombique.

Il existe trois clivages, mais inégaux : un assez facile suivant *p* (001) et deux autres moins faciles suivant *m* (110).

(1) *Annales des Mines*, t. VIII, p. 237.

Lorsque l'on taille un de ces petits cristaux, on voit que la partie extérieure seule est opaque et que le centre du cristal est transparent.

Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 (100), la bissectrice est positive est perpendiculaire à h^1 (010), $\rho < v$,

$$2\ E = 70^\circ \text{ environ.}$$

Les images données par la lumière convergente sont souvent mauvaises à cause des pénétrations fréquentes de plusieurs cristaux.

La biréfringence maximum est d'environ :

$$n_g - n_p = 0{,}0115$$

Toutes ces propriétés optiques sont celles de la barytine, sauf l'écartement des axes optiques qui est plus faible de quelques degrés dans la barytine.

Nous nous trouvons ici en présence de deux hypothèses pour expliquer la présence du sulfate de chaux dans la dréelite. Ou bien ce sulfate de chaux forme avec le sulfate de baryte une véritable combinaison possédant les propriétés optiques du sulfate dominant, ou bien l'analyse a été faite sur une matière impure. La petitesse des cristaux, et leur mélange avec diverses substances me paraît donner une importance toute spéciale à la dernière hypothèse.

La quantité de matière que j'ai eu à ma disposition n'a pas été assez considérable pour qu'il n'ait été possible d'en refaire l'analyse après la purification nécessaire.

On rencontre parfois dans le Beaujolais, et notamment à Propières, de très petits cristaux opalescents de barytine (de composition normale) ayant une grande ressemblance avec la dréelite.

Extraits de Minéralogie.

PAR M. A. LACROIX.

Avalite (Losanitsch. — Ber. d. deutsch chem. Ges., XVII, 1884.) in *Neues Jahrbuch f. Min.* 1885). — Ce minéral a été trouvé au mont Avala, près Belgrade. Il imprègne la quarzite, pénétrant la serpentine. Cette roche renferme du mercure, du cinabre, du calomel, etc. L'avalite est cristalline, la couleur vert émeraude. Elle est insoluble dans les acides à l'ébullition, mais se dissout facilement dans l'acide fluorhydrique et les alcalis. L'analyse a donné :

SiO^2 56,33 — Cr^2O^3 14,59 — Al^2O^3 14,37 — K^2O 3,54 — Fe^2O^3 1,10 MgO. 0,43 chromite 1,68 eau hygroscopique 2,39 perte au feu 5,38 = 99,61.

Saphir étoilé de la Mercredière, commune de la Haye-Fouassière (Loire-Inférieure).

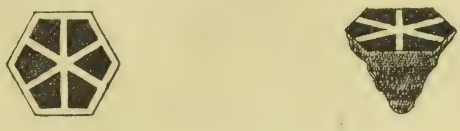
PAR M. BARET.

Il y a quelques mois, je rencontrais dans un champ cultivé à la Mercredière, commune de la Haye-Fouassière, un petit noyau de couleur bleue, traversé par des rayons blancs, que j'attribuais, de prime abord, en raison de stries fines assez apparentes, à un feldspath labrador ou oligoclase; quelques jours après, je l'envoyais à mon excellent collègue et ami M. A. Lacroix, qui, après quelques expériences, me répondit que l'échantillon appartenait assurément au corindon (saphir bleu).

Heureux de cette découverte, j'entrepris un nouveau voyage à la Mercredière où je rencontrais cette fois une certaine quantité d'échantillons, qui me permirent de les étudier plus amplement et qui me présentèrent, en effet, tous les caractères certains des corindons.

Les échantillons de la Mercredière sont des prismes à

base hexagonale dont le diamètre varie de 2 à 4 millimètres jusqu'à 12 et 14 millimètres et sans doute plus; les faces verticales sont raccourcies et présentent une surface irrégulière et grossièrement arrondie se terminant en cône.



Saphirs de la Mercredière

La face a^1 présente un hexagone plus ou moins parfait avec deux systèmes de stries, la couleur d'un bleu plus ou moins foncé est interrompue par des rayons d'un blanc nacré qui lui donne l'apparence d'une étoile à 6 rayons. Cette disposition est constante dans tous les échantillons que j'ai rencontrés; les rayons blancs sont striés comme la partie bleue du cristal et paraissent bien être de même nature; les clivages ont lieu suivant la direction des stries et donnent ainsi naissance à des faces rhomboïdales; le clivage facile a lieu suivant a^1, les autres ont lieu parallèlement aux faces rhomboïdales et s'obtiennent avec plus de difficultés; les cristaux sont translucides et offrent dans certaines parties des jeux de lumière très vifs, leur éclat est vitreux, nacré; ils rayent la topaze et sont infusibles au chalumeau.

On les rencontre isolés au milieu d'un champ labouré; le sous-sol de ce champ est un gneiss, souvent amphibolifère; je n'ai pu jusqu'à présent trouver les corindons en place, mais tout porte à croire que leur gangue doit être un filon feldspathique intercalé au milieu de ces gneiss, à en juger par des fragments de feldspath et de mica encore adhérents à certains cristaux.

Observations au sujet de la communication de M. Baret.

PAR M. A. LACROIX.

Si l'on examine au microscope en lumière naturelle une lame du corindon signalé par M. Baret dans la Loire-Inférieure, on voit que le pigment bleu est très irrégulièrement disposé dans la masse.

En lumière polarisée parallèle, une lame taillée parallèlement au clivage fait voir les anomalies optiques étudiées autrefois par M. Mallard, et plus récemment par M. Von Lasaulx.

On remarque, en effet, des bandes assez larges disposées parallèlement aux faces du prisme hexagonal. Ces bandes agissent sur la lumière polarisée. Les extinctions ont lieu lorsque ces bandes biréfringentes sont parallèles ou perpendiculaires aux sections principales des nicols.

L'écartement des axes optiques y varie suivant les plages, mais peut aller jusqu'à 20°. Le plan des axes optiques est parallèle aux faces du prisme.

Alunogène de la côte de Saint-Nazaire, près la Tour du commerce.

PAR M. BARET.

Le minéral de la côte de Saint-Nazaire se présente sous la forme de concrétions incolores, blanches ou jaunâtres, translucides, semi-translucides ou opaques; il est très soluble dans l'eau et l'acide chlorhydrique, sa saveur rappelle celle de l'alun. Il recouvre la surface des rochers souvent sur une grande étendue, son gisement est cependant très limité; les concrétions de couleur jaune sont les plus abondantes. Au chalumeau, les variétés incolores ou blanches, jettent un vif éclat, se boursouflent, augmentent considéra-

blement de volume, et se changent en une masse blanche très friable complètement infusible; au moment où elles augmentent de volume, si on les retire du feu, et qu'on les soumette encore chaudes à l'action du nitrate de cobalt, la masse prend une couleur rose tendre; si on les soumet de nouveau et avec attention à l'action du chalumeau, la masse prend une belle couleur bleue dans la partie la plus près de la flamme, tandis que, du côté opposé, la couleur rose s'accentue et devient plus intense; dans les variétés jaunes, le minéral fond, se boursoufle légèrement, passe à la couleur rouge, puis au noir; avec le borax et l'azotate de cobalt, les variétés incolores et blanches prennent une belle couleur bleue; les variétés jaunes donnent une perle verte à chaud, qui devient bleue par le refroidissement; sur le charbon, avec la soude, il donne une masse hépatique; avec le nitrate d'argent, il produit un léger précipité blanc, dû, sans aucun doute, aux chlorures des eaux de la mer qui baigne à chaque instant ces rochers.

Note préliminaire sur la wolhynite de M. d'Ossowski.

PAR M. K. DE KROUSTCHOFF.

M. d'Ossowski lui-même a réuni sur la wolhynite les données suivantes :

« La masse dominante de la roche, que, je nomme *wolhynite*, présente un mélange de feldspath et d'amphibole associés de la manière suivante :

» Le *feldspath*, qui, sous le rapport de la quantité, domine dans la composition de la roche, s'y montre sous deux formes :

» *a)* A l'état cryptocristallin, sous forme de pâte compacte presque amorphe de couleur verte, et

» *b*) A l'état cristallin en grains et cristaux porphyriques,

d'une couleur verdâtre, répandus dans la pâte isolément ou par groupes. A la loupe on peut voir que ces cristaux porphyriques sont finement striés, ce qui prouve qu'ils appartiennent à un plagioclase et selon toute vraisemblance à l'oligoclase. C'est à cette même espèce qu'il faut aussi rapporter toute la partie feldspathique de la pâte.

» L'*amphibole*, contenue en grande quantité dans la pâte, n'apparaît distinctement qu'au microscope ; elle comble les interstices entre les autres éléments ou pénètre parfois sous forme d'aiguilles dans l'oligoclase.

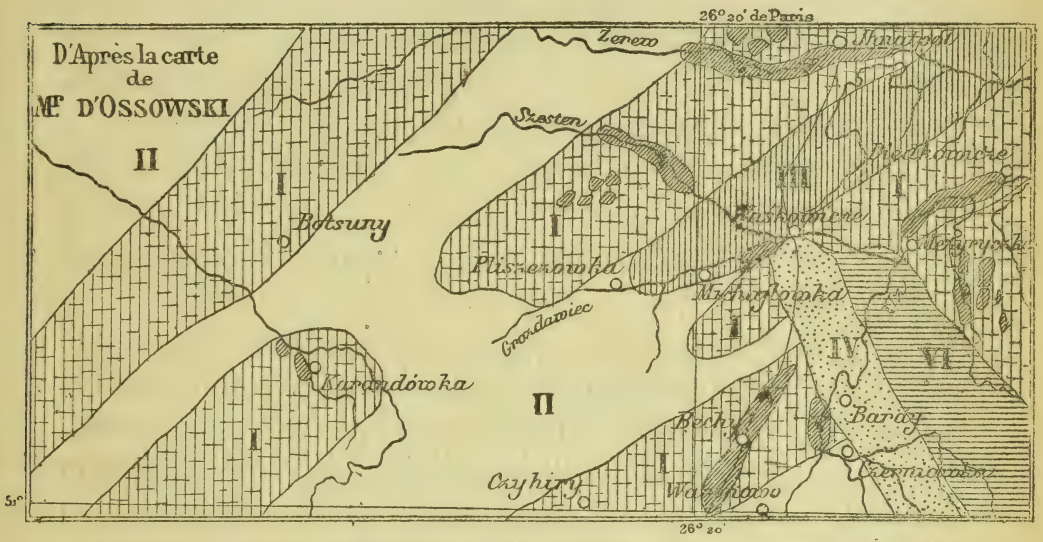
» Comme élément accessoire, j'ai observé la pyrite (?), qui se présente en lamelles très fines, disséminées dans la pâte. M. *Mouchkétoff* a constaté, en outre, encore un autre minéral accidentel qu'il prend pour du fer magnétique.

» Par conséquence, la wolhynite présente un mélange de deux formes d'oligoclase et d'amphibole, très compacte et dont la cohésion répond à celle des porphyres quartzifères. Frappée avec un marteau, elle rend un son aigu et possède une résistance considérable. La surface de ses cassures est conchoïdale, rude ou quelquefois irrégulière. Les acides ne produisent point d'effervescence ; la roche donne par le polissage une surface très brillante.

» Elle se présente sous forme de massifs, aux points où elle affleure.

» Le caractère pétrographique de cette roche montre clairement, qu'elle doit être classée dans la série plagioclastique à structure porphyrique. Par le mode de combinaison de ses éléments, elle se rapproche apparemment des diorites porphyriques et porphyres dioritiques, mais elle s'en distingue en ce qu'elle ne contient point de quartz comme les diorites et qu'elle renferme l'oligoclase sous deux formes, ce qui l'éloigne des porphyres dioritiques. Aussi l'amphibole n'y est jamais remplacée par le mica.

» J'ai constaté des affleurements de wolhynite en trois endroits en Wolhynie (1) : à Mikaílowka, Waskowizé, et un endroit Kréméniza, au bord de la rivière de Jérew. Tous les trois points sont dans le district d'*Owroucz* situés sur une ligne droite de 10-15 kilomètres nord-est sud-Ouest, à gauche de la route principale de Jitomir à Owroucz.



I Granite. II Gneiss. III Wolhynite. IV Labradorite V Granite rouge. VI Syénite.

» A *Mikaílowka*, la wolhynite apparaît dans le village même, au bord de la rivière Grozdawièz ; ses masses ne sont pas hautes, mais elles s'étendent à la distance de près d'un kilomètre est-ouest, et sont recouvertes par des couches de lœss sous lesquelles elles disparaissent à l'extrémité de leurs contours (est-ouest).

» A *Waskowizé*, on peut la suivre à 2-3 kilomètres à l'ouest du village et sur la rive gauche de la rivière Széstèn (affluent du Grozdawièz). Ses falaises s'élèvent ici à une hauteur de 10 à 12 mètres ; elle est pareillement recouverte de lœss et reste visible sur une distance de 150 mètres au-des-

(1) Voir le croquis ci-joint.

sus de la rivière. La wolhynite, au sud de cette dénudation, englobe des morceaux d'un granite rouge, qui se montre sur la rive droite de la rivière. Du côté est, elle touche les masses syénitiques.

» A Kréméniza, on l'aperçoit ne s'élevant que très peu au-dessus des eaux au bord de la rivière Jéréw. »

A la note précédente de M. d'Ossowski je me permettrai d'ajouter les détails microscopiques suivants (2) :

La pâte se montre, sous le microscope, entièrement cristalline et composée de feldspath, amphibole, chlorite, fer titané et magnétique, mica, saussurite, apatite, sphène, titanomorphite, minéral violet et zircon.

Constitution pétrographique.

Minéraux primitifs	essentiels	Plagioclase.
		(Orthose).
		Hornblende I aciculaire.
		Ilménite.
	accessoires	Hornblende II fibreuse.
		Apatite.
		Hornblende III très dichroïque.
		Mica.
		Sphène.
		Quartz.
		Magnétite.
		Zircon.
		Minéral violet.
Minéraux dérivés		Chlorite.
		Saussurite.
		Titanomorphite.
		Infiltrations dans le feldspath.
		Kaolin.

(2) Les résultats de l'analyse chimique de la wolhynite, qui ne sont pas encore au complet, seront publiés prochainement.

Feldspath porphyrique. — Les grands cristaux et débris macroporphyriques ont un aspect grossièrement prismatique, ou le plus souvent arrondi et corrodé ; la partie dominante de la masse feldspathique est un agrégat de granules et de courts microlithes prismatiques incolores, et mal déterminés avec des amas d'écailles apparemment hexagonales comme beaucoup de saussurites typiques des euphotides. Ordinairement, au centre du cristal, mais aussi çà et là, au milieu de la saussurite, se montrent des parties limpides aux bords indécis de plagioclase frais et par endroits finement striées, même en lumière ordinaire. Entre les nicols croisés, l'on y aperçoit de larges bandes hémitropes, suivant la loi de l'albite, alternant avec d'étroites sur un fond uniformément coloré, plus ou moins dominant. L'extinction, qui, à cause de l'état corné et difficilement fissile du feldspath, n'a pas pu être observée dans une lamelle obtenue par clivage, a été mesurée dans la coupe mince. Or, l'extinction symétrique de part et d'autre de la trace du plan de la macle s'élève au maximum à 13° ; mais la moyenne de vingt observations n'atteint que 8°, ce qui indiquerait un plagioclase intermédiaire entre l'albite et le labradorite. Si l'analyse chimique prouve de même que ce plagioclase appartient au labradorite, alors on pourra peut-être constater une relation entre la wolhynite et les belles roches à grands cristaux de labrador (1), qui l'accompagnent en Wolhynie et qui ont été décrites par M. d'Ossowski (2). Les fissures dans les parties fraîches sont souvent remplies d'infiltrations très polarisantes. A l'exception des microlithes caractéristiques

(1) Ce beau labrador chatoyant, absolument identique avec celui de la côte du Labrador, s'y trouve en cristaux porphyriques jusqu'à 5 centimètres, ou parfois constitue uniquement la roche, qu'on a déjà utilisée dans l'industrie.

(2) Ossowski. Sur les labradorites en Wolhynie, *Bull. de l'Académie des sc. de Cracovie*, liv. Mai 1879.

pour la saussurite et de lambeaux de hornblende fibreuse, ce plagioclase est absolument dépourvu d'interpositions.

Plagioclase de la pâte. — Il offre tantôt des sections assez grandes, aux contours rudimentairement prismatiques, tantôt des plages ou débris tout à fait irréguliers et corrodés. Ici les parties saussuritisées se trouvent généralement au milieu des plages, tandis que leurs bords restent limpides; mais la matière saussuritique y forme aussi des traînées et se dispose sur les côtés des fissures; d'autres encore, sont déjà tout à fait décomposées. L'extinction symétrique de part et d'autre de la ligne de macles fait un angle maximum de 20°, cependant, la moyenne de nombreuses mesures, ne surpasse point 17°, ce qui indiquerait encore en ce cas un plagioclase voisin du labradorite. Presque toutes les plages sont maclées suivant la loi de l'albite, cependant quelques-unes montrent aussi deux séries de bandelettes réunies suivant la loi du péricline, et dans les deux cas, il y a, en outre, des macles de Carlsbad. La substance fondamentale chloritique pénètre à une certaine distance dans les fissures, y forme des traînées, les contourne et remplit tous les interstices; elle semble, à vrai dire, les avoir corrodés; les aiguilles amphiboliques qu'elle contient en grande quantité, l'accompagnent partout et font parfois, seules, des inclusions dans leurs bords limpides. Il englobe, en outre, les interpositions suivantes : longues aiguilles, d'une nuance verdâtre presque incolores, souvent courbées et cassées, d'apatite; — de petites sections hexagonales appartenant au même minéral; — fines lamelles d'ilménite; — petits cristaux rares, arrondis de zircon; — paillettes de mica brun; — lambeaux d'amphibole fibreuse; — rares particules noires de magnétite, et enfin de très petites inclusions fluidales à bulles immobiles.

Orthose. — Des parties assez larges, uniformes, irrégu-

lières, et aux bords indécis apparaissent, entre les nicols croisés, composées de nombreux petits individus feldspathiques simples, enchevêtrés comme une mosaïque; les bords de chaque plage sont dentelés ou guillochés. En lumière ordinaire, il est d'ailleurs impossible de discerner les limites des cristaux; cette illusion, que toute la partie soit homogène, est au contraire encore augmentée par la disposition des amas de fines granulations grisâtres, de microlithes, d'amphibole et de paillettes micacées. Rarement, j'ai aperçu des lamelles d'orthose d'une taille plus grande, simples et tout à fait limpides, sans traces de clivages ni de contours rectilignes; l'extinction rapportée à leur axe d'allongement donne de très petites valeurs d'environ 5°. L'orthose contient les mêmes interpositions que le plagioclase; les amas de granules se résolvent aux forts grossissements en grains verdâtres, de fer magnétique, vacuoles et quelques rares pores liquides d'une taille très exigüe.

La *hornblende* se présente sous trois modifications :

I. Lamelles aciculaires, fibreuses, d'un vert très pâle et presque incolores, noyées dans la matière chloritique, qui tantôt prédomine, tantôt disparaît presque entièrement, se coupant en tous sens, ou en deux directions principales; en ce dernier cas leur apparence, groupement et caractère, rappellent vivement certaines ouralites. Les aiguilles amphiboliques, par exemple, qui abondent dans le porphyre ouralitifère de Fleimsthal, en Tyrol, lui sont absolument analogues. Elles se réunissent fréquemment en faisceaux, gerbes et groupes radiés ou forment un tissu extrêmement dense. Des sections rhombiques, très nettes de 124° typiques pour la hornblende, ne sont pas rares. De nombreuses lamelles, sont une ou plusieurs fois maclées comme un plagioclase très finement strié. L'extinction fait, avec la trace du plan d'assemblage des macles, un angle de 13°. La

substance amphibolique est ordinairement très pure, et ne contient que par places des particules opaques de magnétite, des pores gazeux et de très rares liquides minuscules à bulles immobiles.

II. Lambeaux en lamelles allongées ou courtes, fibreux, frangés, d'une couleur verte plus intense et plus dichroïques que la variété précédente, et s'éteignant à 14°. Cette amphibole s'attache fréquemment aux lames de l'ilménite et ne contient que quelques particules noires de magnétite.

Aux grossissements très forts, j'y ai reconnu de très petites inclusions liquides à bulles immobiles. Une juxtaposition régulièrement prismatique de mica et d'amphibole, n'est pas rare ; des lamelles de mica alternent même souvent plusieurs fois avec celles de l'amphibole.

III. Sections rhombiques très nettes de 124° ou parties irrégulières d'une hornblende vert brunâtre excessivement dichroïque : les rayons vibrant suivant la grande diagonale des losanges, sont vert pâles, nuancés de jaune, suivant la petite, vert plus foncé d'une teinte brunâtre. A l'exception de grains opaques et de vacuoles gazeuses, on n'y rencontre point d'interpositions. Ces deux dernières variétés de hornblende pourraient peut-être être comprises dans une seule espèce, cependant leur différence d'aspect m'a semblé suffire pour motiver une séparation.

Matière chloritique. — Tout l'espace entre les éléments de la roche et les interstices dans ceux-là sont remplis d'une substance vert jaunâtre, finement écaillée, c'est-à-dire composée de nombreuses écailles chloritiques. Aux faibles grossissements, elle semble presque homogène et sa structure polysynthétique n'apparaît distinctement qu'en lumière polarisée ; alors on aperçoit une fine mosaïque grise, formée par des paillettes arrondies, différemment nuancées de gris. Je n'y ai pu constater un léger dichroïsme

que très rarement. Cette substance verte constitue dans le vrai sens du mot, la pâte fondamentale (1) de la roche, car elle entoure tous les éléments. Cette manière de voir est d'ailleurs d'autant plus admissible, qu'elle pénètre dans tous les interstices du feldspath ; elle est de même le milieu dans lequel se sont développés les cristaux de la hornblende actinolitique ; à l'exception de celles-ci, de prismes d'apatite et de granules de fer magnétique elle est pure et dépourvue d'inclusions.

Mica. — La biotite offre d'assez fréquentes feuilles, paillettes irrégulièrement frangées ou des masses lamellaires d'une couleur vert jaunâtre très dichroïques : suivant c vert pâle, suivant a brun jaunâtre foncé. Elle s'associe fréquemment, comme il a été dit plus haut, à l'amphibole et s'accumule auprès de lames du fer titané. J'y ai observé de petits microlithes prismatiques, qui étaient le centre d'un noyau encore plus dichroïque que le reste, des grains de fer oxydulé, des petites lamelles d'ilménite et enfin des aiguilles et sections hexagonales d'apatite.

Ilménite. — Le fer titané joue dans cette roche le rôle d'un élément essentiel; il offre des masses irrégulières et le plus souvent de longues lamelles, comme hachées, absolument opaques, 10-12 fois plus longues qu'épaisses, qui possèdent des clivages rhombiques et quelquefois une forme hexagonale allongée. De leur substance noire se détachent çà et là de petits hexagones limpides d'apatite. Presque toutes les lames semblent être enveloppées de feuilles micacées et amphiboliques.

Le *fer oxydulé* est relativement rare et se trouve sous forme de grains et de poussière opaque dans tous les éléments, mais principalement dans l'amphibole I.

Apatite. — Les nombreuses aiguilles légèrement teintées

(1) Grundmasse de Allemands.

de vert et presque incolores, parfois cassées et courbes, d'un relief très marqué, pénètrent tous les éléments ; leur longueur est ordinairement 20 à 30 fois plus grande que l'épaisseur, cependant il y en a aussi beaucoup de courtes. Elles contiennent fréquemment de magnifiques pores liquides à vésicules gazeuses immobiles, qui changent cependant de place quand on chauffe la préparation à 60° C; ces inclusions affectent souvent la forme de canaux, de sorte que certaines aiguilles sont presque creuses d'un bout à l'autre et remplies d'un liquide aqueux.

Saussurite. — Les parties saussuritisées du feldspath offrent un tissu plus ou moins dense de productions prismatiques incolores mal déterminées avec des espaces irréguliers de substance primitive encore fraîche et des accumulations de particules écailleuses, qu'on pourrait prendre pour du kaolin.

Quartz. — Entre les plages enchevêtrées d'orthose, on remarque des plages de forme arrondie et dépourvues de toute interposition qui ont l'aspect du quartz même en lumière ordinaire et se comportent comme lui entre les nicols croisés, c'est-à-dire montrent des couleurs d'interférence beaucoup plus intenses que l'orthose.

Le *sphène* forme de petits grains rares irréguliers, couleur de citron, et, plus rarement encore, des sections grossièrement rhombiques-aiguës.

Le *zircon* jaune clair se reconnaît facilement par son indice élevé et son apparence typique. Bien que la plupart de ces cristaux paraissent très mal développés, j'ai pu constater la combinaison $b^1/_2$ (111), m(110), ($b^1/_2\, b^1/_4\, h^1$) (311). Ils appartiennent au type tabulaire et contiennent de petits pores gazeux et liquides.

Un minéral en particules tout à fait irrégulières, violet, anisotrope, fortement dichroïque et criblé de vacuoles, a

été observé deux ou trois fois ; il m'a été impossible de déterminer sa nature minéralogique, parce qu'il n'offre aucun point de départ pour l'examen optique et paraît trop isolé et petit pour une expérience microchimique.

La *titanomorphite* présente de rares efflorescences, composées de granules gris jaunâtre sur les lames de l'ilménite.

Tous ces éléments se sont consolidés dans l'ordre suivant :

I apatite, zircon.
II ilménite, magnétite.
III hornblende I, II, III, mica.
IV feldspaths.
V matière chloritique dérivée.

La structure franchement granitoïde et porphyrique, les éléments, leur association et leur développement nous portent à la conclusion que cette roche est de nature dioritique. Rosenbusch (1) mentionne des roches dioritiques analogues contenant la même modification aciculaire d'amphibole des Vosges, Stelzner de l'Altaï et Phillips de Cornouailles. Cependant la présence d'orthose et de mica dans la wolhynite la rapproche de la famille syénitique ; néanmoins, la grande quantité et la forme de l'ilménite qu'elle contient comme élément essentiel, lui imprimeront toujours un caractère tout particulier; il sera donc permis de lui conserver son nom original de wolhynite, mais pour la classer définitivement il faudra encore discuter sa constitution chimique.

Breslau, décembre 1885.

(1) Phys. d. Mass. Gest. p. 262.

Sur la théorie des macles.

PAR M. ER. MALLARD.

Les groupements réguliers formés par des cristaux d'une même substance ont une importance considérable dans la science cristallographique. J'ai déjà eu l'honneur d'en entretenir plusieurs fois la Société. Je lui demande la permission d'y revenir aujourd'hui pour essayer de présenter de ces phénomènes une théorie un peu autre et plus simple que celle que l'on donne d'habitude.

Division des groupements en deux modes distincts.—Il est tout d'abord indispensable de distinguer deux modes de groupements profondément distincts, que l'on a, je crois, le tort de confondre habituellement dans le même énoncé et la même théorie, au grand préjudice de la simplicité et de la clarté.

Dans le premier mode de groupement les deux cristaux sont simplement juxtaposés suivant un plan. C'est celui qui a été signalé pour la première fois et décrit avec la plus exacte précision par Romé de l'Isle. Nous proposerons de lui réserver le nom de *macle* qui lui avait été donné par l'illustre précurseur d'Haüy.

Dans le second mode de groupement, les diverses orientations cristallines, groupées entre elles, se pénètrent mutuellement et la surface qui les délimite est en général irrégulière. Les groupements de ce genre peuvent être appelés *groupements par pénétration.*

I. DES GROUPEMENTS PAR JUXTAPOSITION OU MACLES.

Occupons-nous d'abord des macles. L'observation montre que l'on peut formuler à leur égard la loi générale suivante, qui n'admet pas d'exception :

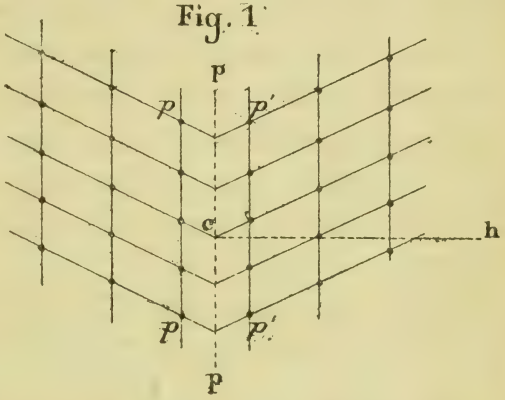
Les systèmes réticulaires des deux cristaux accolés sont symé-

triques l'un de l'autre par rapport au plan de juxtaposition ou plan de macle.

La disposition relative des deux systèmes réticulaires peut être alors représentée symétriquement par la figure 1, où PP est le plan de macle.

Supposons que les deux plans réticulaires *pp* et *p'p'* situés de chaque côté de PP, ont une distance mutuelle égale à celle qui sépare dans le réseau deux plans contigus parallèles, et que PP partage cette distance en deux parties égales. Imaginons en outre que chacun des deux systèmes réticulaires juxtaposés soit prolongé indéfiniment de part et d'autre de PP; un point tel que C situé dans PP à l'intersection de deux rangées symétriquement placées est un centre de chacun des deux réseaux, et par conséquent du polyèdre formé par leur superposition; le plan PP est un plan de symétrie de ce polyèdre; on déduit de là, par un théorème connu, que CH, normal à PP, est un axe binaire du même polyèdre, c'est-à-dire en d'autres termes, qu'on obtient le second système réticulaire en faisant tourner le premier de 180° autour de la normale au plan de macle. C'est ce qui a fait donner aux groupements de ce genre le nom de groupements *hémitropes;* le plan PP, qui a une notation cristallographique simple, est le *plan d'hémitropie;* l'axe CH qui, n'étant pas en général une rangée, n'a pas une notation cristallographique simple, est l'*axe d'hémitropie.*

Fig. 1



Cette introduction, dans la théorie des macles, de la notion d'hémitropie, n'a d'ailleurs aucune utilité; elle est

toujours gênante, et n'a guère pour résultat que d'introduire une complication superflue.

Cristaux holoédriques. — Si le cristal considéré est *holoédrique*, la position du réseau définit complètement celle de la molécule et par conséquent celle de l'édifice cristallin (1).

Les édifices cristallins construits sur chacun des systèmes réticulaires symétriques par rapport à PP, sont donc aussi symétriques par rapport à ce plan.

On en déduit que, *pour les cristaux holoédriques, les deux cristaux juxtaposés sont symétriques par rapport au plan de macle.*

Cristaux hémiédriques. — Supposons maintenant que le cristal considéré est hémiédrique. Après que la position du réseau a été fixée, il reste, dans ce cas, deux orientations différentes à donner aux molécules de chaque nœud, ce qui donne deux édifices cristallins différents. Ce sont deux édifices conjugués, dont l'un est symétrique de l'autre par rapport à un élément de symétrie (centre, plan ou axe binaire) *déficient*, c'est-à-dire appartenant au système réticulaire, sans appartenir à l'édifice cristallin. Si nous imaginons une forme simple holoédrique convenable F, correspondant au système réticulaire donné, on peut, en général, la décomposer en deux demi-formes conjuguées f et f', que l'on peut appeler l'une positive, l'autre négative, et qui se distinguent ordinairement entre elles par les propriétés physiques spéciales de leurs faces.

L'une de ces demi-formes est symétrique de l'autre par rapport à un élément de symétrie déficient.

Si l'édifice cristallin situé à gauche du plan de macle *(fig. 1)* portait la forme holoédrique F composée de la demi-forme

(1) Nous distinguons l'un de l'autre 1° le *système réticulaire* des centres de gravité moléculaires, et 2° l'*édifice cristallin*, qui est le système réticulaire en chaque nœud duquel les molécules cristallines ont été ajoutées.

positive f et de la demi-forme négative f', celui de droite porterait la même forme holoédrique F_1 composée de la demi-forme positive f_1, et de la demi-forme négative f'_1. Les faces de F_1, seraient placées symétriquement à celles de F par rapport au plan de macle. La demi-forme f de gauche a donc nécessairement pour symétrique à droite, soit la demi-forme f_1, soit la demi-forme f'_1, suivant celle des deux orientations possibles qu'on aura données à la molécule.

On peut donc énoncer cette règle générale : *Lorsque le cristal est hémiédrique, les faces d'une des demi-formes conjuguées ont pour symétriques, de l'autre côté du plan de macle, les faces de la demi-forme de même signe ou celles de la demi-forme de signe contraire.*

Il est clair que, des deux orientations moléculaires possibles, l'une sera réalisée, en supposant que dans l'hémitropie autour de la normale au plan de macle, le réseau prolongé du cristal de gauche entraîne les molécules supposées liées invariablement avec lui. L'autre orientation sera obtenue en prenant la symétrique de la première par rapport à un élément déficient de symétrie.

La première solution peut être appelée *solution hémitrope;* une hémitropie autour de la normale au plan de macle amène le cristal de gauche prolongé à se trouver en superposition avec le cristal de droite. Il est clair que rien de semblable n'existe plus pour la seconde solution.

Hémiédrie holoaxe.—Il est intéressant d'examiner de plus près ce qui se passe pour chacun des trois modes principaux d'hémiédrie.

Le premier est celui de l'*hémiédrie holoaxe,* dans laquelle, les axes de symétrie étant tous conservés par l'édifice, le centre de symétrie est seul supprimé. Les deux édifices cristallins sont symétriques par rapport à ce centre, et ne

sont pas superposables, puisque, chaque édifice ayant tous les axes du réseau, toute rotation qui restitue celui-ci, restitue l'édifice lui-même et non son conjugué.

Avec ce mode hémiédrique, l'orientation moléculaire donnée par l'hémitropie, comme il est dit plus haut, ne donne pas à droite de la figure 1 un édifice cristallin symétrique de celui de gauche par rapport au plan de macle. Les deux édifices sont, en effet, superposables, ce qui ne pourrait arriver s'ils étaient symétriques l'un de l'autre par rapport à un plan. C'est le genre de macle qu'on rencontre dans le sucre, avec h^1 (100) pour plan de macle.

La seconde orientation moléculaire, donnera par contre deux cristaux symétriques par rapport au plan de macle, dont l'un sera droit, tandis que l'autre sera gauche. C'est le genre de macle qu'on rencontre quelquefois dans le chlorate de soude.

Il est clair que le premier genre de macle disymétrique peut seul se rencontrer dans les substances pour lesquelles on ne connaît que des cristaux d'une seule espèce, droits ou gauches.

Antihémiédrie non holoaxe. — Dans le second mode d'hémiédrie, ou *antihémiédrie non holoaxe,* le centre est encore supprimé, mais un axe binaire au moins est également déficient. Il en résulte qu'une demi-rotation autour de cet axe restitue le réseau et l'édifice conjugué, ne pouvant restituer l'édifice lui-même. Les deux édifices conjugués sont ainsi superposables. Ils ne peuvent plus être distingués l'un de l'autre; on ne peut plus distinguer entre elles que les deux demi-formes conjuguées qui peuvent naître sur le même édifice, et qui sont aussi d'ailleurs superposables entre elles.

Lorsque le cristal maclé est obtenu par hémitropie du premier, les deux demi-formes de même signe f et f_1, ne

sont pas symétriquement placés par rapport au plan de macle, car C *(fig. 1)* n'étant pas un centre de symétrie de l'édifice, PP ne peut être un plan de symétrie. La demi-forme positive f aura pour symétrique la demi-forme négative f'_1, qui est d'ailleurs possible. Il y a hémitropie, mais non pas symétrie par rapport au plan de macle.

On passe au second cas, en faisant tourner de 180° autour d'un axe binaire déficient, l'édifice réalisé, en vertu du premier cas, par hémitropie autour de la normale au plan du cas. Le plan de macle est alors un plan de symétrie, et la demi-forme f a pour symétrique la demi-forme f_1 de même signe.

On ne parvient en général à faire coïncider le cristal de gauche avec celui de droite prolongé que par deux hémitropies successives, l'une autour de la normale au plan de macle, l'autre autour d'un axe binaire déficient. Toutefois, ces deux demi-rotations autour d'axes concourants, peuvent toujours être composées, suivant la règle d'Euler (1), en une seule rotation autour d'un axe unique; mais en général cette rotation résultante n'est pas de 180°.

Soit sur une sphère *(fig. 3)* pp, le plan de juxtaposition dont le pôle est h, l le pôle de l'axe binaire déficient. Le triangle d'Euler qui doit avoir deux angles droits en h et l, est le triangle hlr, et r est le pôle de l'axe de rotation résultant. Cet axe est donc situé dans le plan de juxtaposition, mais l'angle de rotation qui lui correspond est le double de l'an-

(1) Je rappelle ici que cette règle est la suivante. Si A est, sur une sphère, le pôle d'un axe de rotation dont l'angle de rotation est α, B le pôle d'un autre axe dont l'angle de rotation est β; si l'on mène un grand cercle AC faisant avec le grand cercle AB un angle $\frac{\alpha}{2}$, et un autre grand cercle BC faisant avec AB un angle $\frac{\beta}{2}$; les deux rotations équivalent à une rotation autour d'un axe dont le pôle est C et dont l'angle de rotation γ est le double de l'angle BAC.

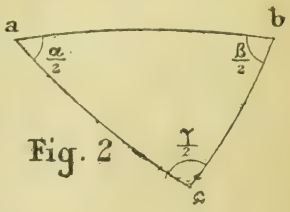


Fig. 2

gle *hrl*. Il n'est donc pas en général de 180° et l'axe résultant *r* n'est pas en général un axe d'hémitropie. Ce cas ne se présentera que lorsque *hrl* sera droit, c'est-à-dire lorsque *l* se confondra avec *p*, ou, en d'autres termes, lorsque l'axe binaire déficient sera contenu dans le plan de juxtaposition.

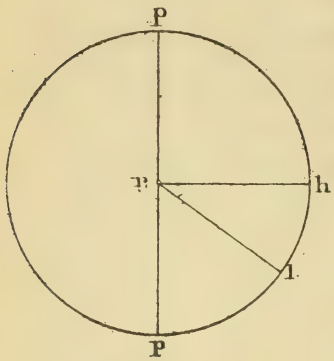


Fig. 3

On peut, dans ce cas, dire encore que le groupement est obtenu par la rotation du premier cristal autour d'un axe d'hémitropie situé dans le plan de juxtaposition. C'est ce que, dans une note déjà ancienne, j'avais désigné sous le nom d'hémitropie parallèle.

Mais il est infiniment plus simple de laisser de côté la considération des axes d'hémitropie qui complique inutilement la question, et de définir le premier groupement en l'appelant *non symétrique*, le second en l'appelant *symétrique*.

Ces deux modes de groupements antihémièdres, symétriques et non symétriques, ont été observés dans le cuivre gris, la blende, la chalcopyrite, la calamine, etc. Les figu-

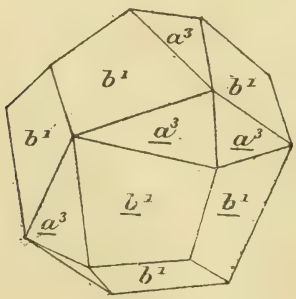


Fig. 4

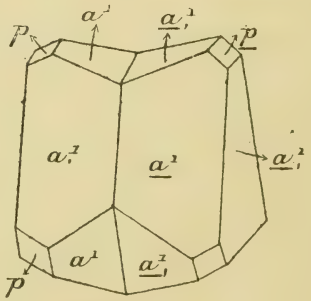


Fig. 5

res 4 et 5 représentent des cristaux de blende maclés, ayant pour plans de juxtaposition un plan octaédrique a^1, et disymétriques par rapport à ce plan, ce dont on s'aperçoit dans la

figure 4 par cette circonstance qu'un plan d'un tétraèdre a^1 (poli) est symétrique d'un plan de son tétraèdre conjugué a^1, (strié). Le développement relatif des faces est tel que la macle est géométriquement symétrique ; elle ne l'est pas au sens physique. La macle de la figure 5 n'est symétrique ni géométriquement ni physiquement.

La figure 6 représente un cristal de cuivre gris, maclé symétriquement par rapport à un plan a^2 (112). Le plan (112) est perpendiculaire sur un des plans du tétraèdre ($\bar{1}\bar{1}1$) (*fig. 8*), car le grand cercle qui passe par ($\bar{1}10$), (112) et ($1\bar{1}0$) est perpendiculaire sur ($\bar{1}\bar{1}1$). Ce plan passe d'ailleurs, par une arête du tétraèdre, puisque le pôle est situé sur le grand cercle de zone ($\bar{1}\bar{1}1$) et (111).

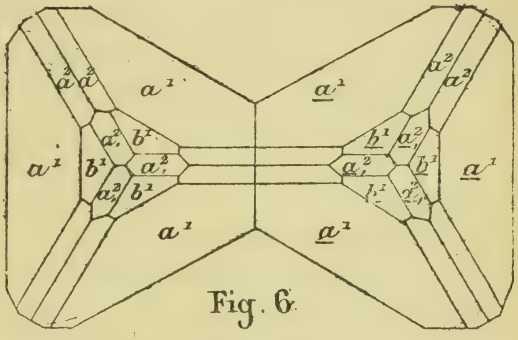


Fig. 6

Les deux faces de chacun des cristaux perpendiculaires au plan de macle a^2, sont donc dans un même plan. C'est ce plan qui a été choisi pour celui de la figure et sur lequel la macle a été projetée orthogonalement. La macle peut être considérée comme produite par une hémitropie autour d'un axe situé dans le plan a^2, puisque ce plan contient l'axe binaire déficient *ll*. L'axe d'hémitropie se confond d'ailleurs avec l'axe ternaire situé dans le plan (112), puisque cet axe est perpendiculaire sur *ll* (*fig. 8*).

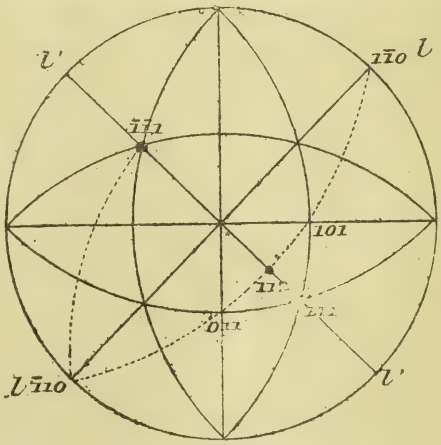


Fig. 8

Ces deux modes de macles sont définis par Sadebeck en disant que, pour l'un et pour l'autre, l'axe d'hémitropie (Zwillingsaxe) est l'axe ternaire, le plan d'hémitropie (Zwillingsebene) étant la face octaédrique; pour l'un (macle disymétrique), le plan de juxtaposition (Zusammensetzungsebene) se confond avec le plan d'hémitropie; pour l'autre macle (macle symétrique), le plan de juxtaposition est perpendiculaire au plan d'hémitropie.

Il est évident que cet énoncé, long et pénible, ne donne aucune idée claire du phénomène très simple qu'il a pour but de faire connaître.

La figure 7 montre, d'après M. L. Fletcher (Groth. Zeit.-7-321; 1883), une macle de la chalcopyrite symétrique par rapport à un plan a^2 (011). Pour la comprendre, nous pouvons encore nous servir de la figure 8, dans laquelle les faces (111) et ($\bar{1}\bar{1}1$) représenteront deux pôles du tétraèdre positif $b\ ^1/_2$. L'écartement des deux pôles n'est pas exactement ce qu'il est pour le cube; il en résulte que la zone ($\bar{1}10$) (112) ($1\bar{1}0$) n'est plus exactement perpendiculaire sur ($\bar{1}\bar{1}1$). Les axes binaires déficients sont les axes *ll*, *l'l'*, qui ne représentent plus que les traces de deux plans de symétrie.

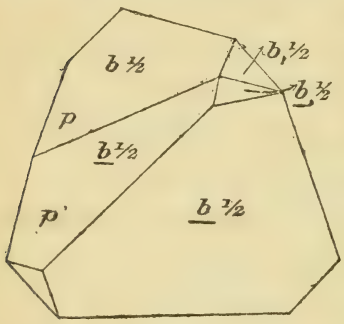


Fig. 7

Le plan de juxtaposition (011) n'est plus exactement perpendiculaire sur ($\bar{1}\bar{1}1$); aussi les deux faces symétriquement placées *p* et *p'* (*fig.* 7) ne seront plus tout à fait dans un même plan. Le plan de juxtaposition ne contient plus un axe binaire déficient; il n'y a donc plus un axe unique d'hémitropie, il y en a deux, l'un ayant pour pôle (011) et l'autre pour pôle ($\bar{1}10$). Le pôle résultant ne sera qu'à peu près le pôle ($\bar{1}\bar{1}1$), et l'angle de rotation autour de ce pôle

ne sera qu'à peu près de 180°. Il en résulte qu'en conservant le langage habituel des minéralogistes allemands, il n'y a pas moyen de définir cette macle, qui est cependant si simple.

C'est sans doute pour cette raison qu'à propos de cette macle, signalée pour la première fois par Haidinger en 1822, décrite par Naumann en 1830, par Sadebeck en 1868, puis d'une autre façon par le même en 1869, une longue confusion a subsisté, qui n'a été éclaircie que par le mémoire de M. Fletcher en 1883. Aucun exemple n'est plus propre à montrer que la considération de l'axe d'hémitropie ne sert le plus souvent qu'à compliquer les faits les plus simples.

Parahémiédrie. — Il nous reste enfin à examiner le cas de la *parahémiédrie.* Puisque dans ce cas l'édifice cristallin a un centre, l'hémitropie autour de la normale au plan de juxtaposition donne à l'édifice une position symétrique de la première par rapport à ce plan. Les deux cristaux seront donc alors symétriques par rapport au plan de macle.

Mais l'édifice cristallin étant amené dans cette nouvelle position, on peut lui donner, sans changer la position du réseau, une autre orientation, conjuguée de la première, en la faisant tourner autour d'un axe binaire déficient.

Les deux édifices ne seront plus symétriques par rapport au plan de juxtaposition. Il y aura encore ici, non plus un seul, mais deux axes d'hémitropie. Ces deux axes se composent en un seul, situé dans le plan de macle, mais cet axe résultant n'est un axe d'hémitropie que si l'axe binaire déficient est contenu lui-même dans le plan de macle. Nous répéterions ce que nous avons dit précédemment pour l'antihémiédrie. La seule différence est qu'ici ce mode de groupement est non plus symétrique, mais disymétrique par rapport au plan de macle.

Nous aurions encore, pour être complet, à examiner le

cas de la tétartoédrie, qui nous donnerait quatre positions de l'édifice cristallin, le réseau restant le même. Mais ce cas est si rare, lorsqu'on ne considère pas les cristaux ternaires comme hémiédriques, que nous ne pousserons pas plus loin la discussion.

Je crois que la théorie, très simple et très générale, que je viens d'exposer peut remplacer avantageusement la théorie basée sur l'hémitropie, et qui, dans des cas assez nombreux, conduit à d'inutiles complications, ou même est entièrement inapplicable.

Je propose donc, comme je l'ai déjà dit plus haut, de supprimer le mot de phénomènes hémitropes, groupements hémitropes, et même celui d'hémitropie en tant qu'il s'applique aux groupements par juxtaposition. Je crois qu'il est très préférable de reprendre le mot de *macle* pour désigner ces groupements spéciaux. Ce mot, en effet, est court et commode; il a été créé par Romé de l'Isle pour désigner précisément des groupements de ce genre; il a donc une priorité incontestable. Une macle quelconque sera complètement définie, dans le cas des cristaux holoédriques, lorsqu'on aura dit à quelle face la macle est parallèle. Dans le cas des cristaux hémièdres, il suffira d'ajouter que la macle est symétrique ou disymétrique.

II. GROUPEMENTS PAR PÉNÉTRATION.

Les groupements par pénétration sont caractérisés par ce fait que la surface qui limite et sépare les deux cristaux identiques, mais d'orientations différentes, n'est plus une surface plane.

L'observation montre qu'on peut passer d'un édifice cristallin à l'autre en prenant son symétrique par rapport à un point, ou en le faisant tourner de $\frac{2\pi}{n}$ (n étant 2, 3, 4 ou 6)

autour d'une rangée du système réticulaire, que l'on peut appeler *l'axe du groupement.*

Je me suis efforcé de montrer, dans un certain nombre de publications, que cet axe est dans presque tous les cas, et très vraisemblablement même dans tous, un axe de symétrie ou de pseudo-symétrie du système réticulaire du cristal.

C'est un vrai axe de symétrie dans les groupements de cristaux hémiédriques pour lesquels l'axe du groupement est un axe *déficient* du cristal. Tels sont les groupements de certains cristaux de cuivre gris ou de pyrite par rotation de 90° autour de l'axe quadratique déficient.

C'est un axe de pseudo-symétrie dans les groupements d'orthose dits de Carlsbad où l'axe du groupement est l'arête verticale $m/m = [001]$ qui est un axe pseudobinaire; dans les groupements d'albite dits de péricline, où l'axe du groupement est l'axe pseudo-binaire, $p/h^1 = [010]$ (1), etc.

Il suit de cette règle que, dans les groupements de cette nature, le système réticulaire est *le même* (groupements des cristaux hémiédriques), ou *à peu près le même*, dans les deux édifices cristallins groupés ensemble.

Je ferai remarquer que, malgré la différence réellement très profonde qui distingue des macles les groupements par pénétration, il peut y avoir dans certains cas un passage entre ces deux modes de groupements. Il est clair, en effet, que si le cristal possède un axe de pseudo-symétrie, les deux orientations possibles du réseau peuvent, soit se juxtaposer suivant une surface irrégulière (groupements par pénétration), soit se juxtaposer suivant un plan d'orientation con-

(1) Les groupements de fluorine par rotation de $\frac{2\pi}{6}$ autour d'un axe ternaire du cube ne paraissent pas rentrer dans cette règle générale. Mais j'ai montré que la fluorine est seulement pseudo-cubique et il est très vraisemblable que le véritable réseau de cette substance est pseudo-sénaire autour de la diagonale du cube.

venable, par rapport auquel les deux réseaux seront symétriques (macles). C'est ce qui arrive pour les substances si nombreuses qui sont pseudo-hexagonales, ayant un réseau rhombique voisin de 120°. Les trois orientations différentes que peut prendre le réseau peuvent, ou bien se pénétrer irrégulièrement, ou se juxtaposer en forme de macles parallèlement aux faces *m* (110).

III. EXPLICATION PHYSIQUE DES GROUPEMENTS CRISTALLINS.

Dans tout ce qui précède, nous avons considéré les groupements cristallins comme des phénomènes cristallographiques donnés par l'observation, et nous nous sommes uniquement attaché à en faire une classification logique. Nous allons maintenant nous proposer de chercher quelle signification physique peut être donnée à ces phénomènes si remarquables et si fréquents.

Groupements par pénétration. — Prenons d'abord les groupements par pénétration, ou, plus simplement comme nous l'avons proposé plus haut, les groupements. Dans l'immense majorité des cas, sinon dans tous, les deux orientations mélangées ont exactement, ou à peu près, le même réseau, sans avoir la même orientation des molécules.

La signification physique de ces groupements est donc très simple à la fois et très nette. Leur existence fréquente dans la nature montre, de la manière la plus incontestable, que l'équilibre interne dépend principalement de la position des nœuds du réseau, c'est-à-dire de celle des centres de gravité moléculaires. Pour la réalisation de cet équilibre, l'orientation des molécules ne vient qu'au second rang.

Groupements par juxtaposition ou macles. — Passons maintenant aux groupements par juxtaposition ou *macles*. Le

réseau n'est plus le même dans les deux orientations juxtaposées, ce qui fait bien voir la différence fondamentale entre ce cas et le précédent. L'équilibre interne subsiste néanmoins, et il est intéressant de voir comment il peut être obtenu.

Puisque l'équilibre interne dépend principalement de la position des centres de gravité moléculaires, nous pouvons, pour l'étude de ce cas particulier, supposer les molécules concentrées en leurs centres de gravité c'est-à-dire réduites aux nœuds mêmes du système réticulaire. L'observation apprend d'ailleurs que le plan de macle est parallèle à un plan réticulaire de notation simple, c'est-à-dire à un système de plans réticulaires relativement très écartés les uns des autres.

L'équilibre entre les deux cristaux juxtaposés doit donc dépendre principalement, sinon uniquement, des actions exercées entre les centres de gravité moléculaires de chacun des deux plans qui entourent le plan de macle.

On est amené ainsi à définir la macle au point de vue physique en disant : *Pour certains plans réticulaires d'un cristal, et particulièrement pour ceux dont la densité réticulaire est grande, il peut y avoir, pour deux plans contigus, deux positions d'équilibre très différentes.* L'une est la position que prennent les plans dans le système réticulaire; l'autre est celle qui est réalisée lorsque les deux plans réticulaires sont symétriques l'un de l'autre, par rapport au plan parallèle mené à égale distance de l'un et de l'autre.

On peut aisément se rendre compte des causes qui rendent possible cette seconde position d'équilibre.

Explication dynamique du phénomène de la macle. — Considérons deux plans réticulaires contigus, P et P′ *(fig. 9)*, pour lesquels nous supposons les molécules réduites à leurs centres de gravité, et supposons d'abord à ces plans la position rela-

tive qu'ils ont dans le système réticulaire. Les molécules de P′ sont en équilibre sous l'action des forces émanant des molécules de P, et sous celles des forces que les molécules de P′ exercent les unes sur les autres.

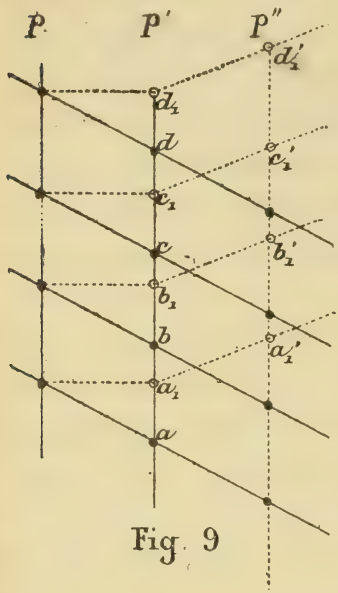


Fig. 9

Nous avons supposé ces dernières forces énergiques, en supposant que le plan réticulaire avait une densité considérable, ou un faible écartement des centres de gravité. On peut donc supposer que ces forces suffisent à maintenir aux molécules du plan les positions relatives qu'elles y occupent; en d'autres termes nous pouvons supposer que les choses se passent comme si les plans P et P′, avec leur structure réticulaire, étaient des plans matériels dont l'écartement mutuel est maintenu par les forces qui s'exercent d'un plan à l'autre.

Il faut remarquer que cette indépendance mutuelle des plans réticulaires de grande densité est démontrée expérimentalement dans les minéraux clivables, et particulièrement dans les minéraux à clivage extrêmement facile comme le mica, où l'on peut isoler, avec des surfaces relativement grandes, des strates réticulaires extrêmement minces.

Exerçons sur P′ un effort convenable de manière à le déplacer parallèlement à P, l'équilibre est rompu entre les forces qui s'exercent de P à P′; et il se développera des forces élastiques tendant à ramener P′ à sa position d'équilibre stable. Mais si nous arrivons à placer P′ de manière que les centres de gravité en soient situés, relativement à

celles de P, dans une position symétrique par rapport au plan parallèle mené à égale distance de P et de P′, l'équilibre pourra être obtenu de nouveau pour un écartement convenable des deux plans (1). Cet écartement convenable étant réalisé, les composantes, normales aux plans, des actions exercées entre P et P′ deviendront nulles ; et il est aisé de voir qu'il en sera de même des composantes parallèles au plan, puisque à toute action exercée sur une molécule en correspond une autre donnant une composante parallèle égale et contraire à celle de la première.

Nous n'aurons donc qu'à pousser le plan P′ de manière à lui faire dépasser, d'une quantité convenable, la position d'équilibre réticulaire, pour qu'il vienne de lui-même se placer dans la seconde position d'équilibre, qui est la position de macle.

Dans l'accroissement du cristal, il pourra ainsi arriver que le plan P′ vienne se placer par rapport à P dans la position d'équilibre de macle. Lorsque cet accident se sera produit il pourra se développer sur P′ un réseau parallèle au premier ; il pourra aussi se développer sur le même plan un réseau identique, mais tourné de 180° autour d'une normale à P′ passant par un centre de gravité, puisque cette rotation ne change pas la position des centres de gravité dans P′.

Si le premier cas se réalise, l'accident de cristallisation sera peu important, puisqu'il ne produira qu'un ressaut physiquement inappréciable dans les rangées réticulaires.

(1) L'observation ne permet pas de dire si, lorsque deux plans réticulaires contigus passent de la position d'équilibre réticulaire à la position d'équilibre de macle, leur distance mutuelle reste la même, ou est diminuée, ou est augmentée. J'ai essayé, dans d'autres publications, de rendre vraisemblable l'hypothèse qu'une substance dimorphe passe, de sa forme la moins symétrique à sa forme la plus symétrique par un ensemble de groupements ou de macles moléculaires. Si le phénomène de la macle produit une variation dans la distance mutuelle des parties maclées, on pourra trouver dans ce fait une explication des variations de densité, en général peu importantes, qui accompagnent le changement de forme cristalline.

Quand même ce premier cas se réaliserait, il serait donc inobservable, et les véritables macles sont exclusivement formées par le second cas, pour lequel les deux systèmes réticulaires juxtaposés sont symétriques l'un de l'autre.

Macles artificielles de Reusch. — Toute cette conception dynamique des macles est au reste réalisée, en quelque sorte objectivement, dans la célèbre expérience de Reusch, qui peut être à bon droit considérée comme une des plus étonnantes de la physique moléculaire. On sait en effet que dans cette expérience, en exerçant sur une lame de clivage de calcite une pression convenablement dirigée, on fait glisser les plans réticulaires parallèles à b^1 $(01\bar{1}2)$ les uns sur les autres par un mécanisme en tout semblable à celui que nous avons imaginé tout à l'heure pour amener P′ de sa position réticulaire à sa position de macle. Sous l'influence de cette pression dont l'intensité est astreinte seulement à n'être pas trop grande pour que le cristal ne s'écrase pas, les molécules dérangées de leur première position d'équilibre viennent se placer d'elles-mêmes dans leur seconde position ; une véritable macle artificielle est ainsi produite.

Si nous voulions d'ailleurs pénétrer plus avant dans l'analyse de ce singulier phénomène, il faudrait remarquer que la pression s'exerce sur un grand nombre de plans réticulaires à la fois. Le premier de ces plans, qui reçoit une pression suffisante pour être définitivement soustrait à sa position d'équilibre réticulaire, forme le premier plan P′ de la macle ; il vient se placer dans la seconde position d'équilibre $(a_1 b_1 \ldots)$ qui représente la position la plus éloignée de sa première position qu'il puisse prendre sans se séparer complètement. Le plan réticulaire P″ contigu de P′ décrit aussi la course la plus grande possible, et celle-ci l'amène dans la position a'_1, b'_1,... pour laquelle il reforme

avec P′ le système réticulaire primitif; et ainsi de suite pour les autres plans réticulaires qui suivent.

Il est bien entendu que ces déplacements des centres de gravité moléculaires sont accompagnés de rotations convenables des molécules autour de ces mêmes centres de gravité.

A l'occasion de la communication de M. Mallard, M. Frossard fait l'observation suivante :

On peut admettre qu'avant d'être un terme de cristallographie, le mot de *macle* était un terme de blason : c'était un losange percé à jour « Rohan porte de gueule à neuf macles d'or ». *Macle*, terme de blason, vient de *macula*, maille, et non de *macula*, tache. On peut dire qu'il en est de même du terme de cristallographie et dès lors qu'il n'est pas mal imaginé pour caractériser le groupement des cristaux.

BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie, von P. Groth. Tome X, 1re *livraison* 1885. — Ueber Olivinzwillinge in Gesteinen, von E. Kalkowsky. —Ueber den Baryt von Mittelagger, von C. Busz. — Ueber die Augite des Kaiserstuhlgebirges im Breisgau (Grossherzogthum Baden), von A. Knop. — Ueber Columbit, von Craveggia im val Vigezzo (Ossola, Piémont), von J. Struver. — Optisches Verhalten des Microliths, von Hintze. — Nephrit aus Tasmanien, von Bodewig.

2e *et* 3e *livraisons*. — Ueber die Manganarseniate, von Nordmarken in Wermland, von H. Sjögren. — Quartz aus Nord-Carolina; Ueber einen ausgezeichneten Stephanitkrystall aus Mexico; Ueber den Tridymit von Krakatau, von C. vom Rath.— Ueber Thuringer Mineralvorkommnisse (Orthit, Datolith Albit, Anatas), von O. Luedecke. — Ueber die Minerale von Pelsocz-Ardó, von A. Schmidt. — Die Minerale eines Andesits von der Umgegend von Málnás, von Ders. — Kallaït pseudomorph nach Apatit aus Californien, von Moore und Zepharovich — Ueber einen Topaskrystall von Alabaschka im Ural, von L. Grunhut.

4e *livraison*.— Microkrystallographische Untersuchungen, von O. Lehmann. — Ueber das optische Verhalten und die Mikrostructur des Korunds, von A. von Lasaulx.— Beitrag zur chemischen Kenntniss des Stauroliths, von W. Friedl. — Wachsen die Krystalle nur durch Juxtaposition neuer Molekeln? von L. Wulff.

5e *livraison*. — Umwandlung der Granaten in Amphibolschiefern der Tyroler Centralalpen, von A. Cathrein. — Ueber die mikroskopische Beschaffenheit eines Buntkupfererzes von Chloride (New-Mexico) von A. Baumhauer. — Bemerkungen über den Boracit, von Derselbe.— Ueber Vanadate und Jodsilber von Lake Valley, Donna Anna County (New-Mexiko) von A. Genth und G. Vom Rath. — Quarze aus Burke County, Nord-Carolina

von G. Vom Rath. — Fahlerz vom Alaskagang in südwestlichen Colorado, von T. Liweh. — Adular in ungewöhnlicher Verwachsung, von Hintze. — Ueber Gahnit und Epidot von Rowe, Massachusetts, von A. G. Dana.

6e *livraison.* — Ueber die Krystallform des Andreasberg Kalkspath, von F. Sansoni.— Orthoklas als Drusenmineral in Basalt, von V. von Zepharovich.

Tome XI. 1re *livraison.* — Ueber Struvit von Homburg, von E. Kalkowsky. — Ueber die Azimuthdifferenz doppelt gebrochener Strahlen. Beobachtungen am Calcit, von A. Schrauf. — Ueber Göthit, von E. Palla.— Ueber die künstliche Darstellung einiger Mineralien aus der Gruppe der Sulfide und Sulfosalze, von C. Dölter.

The American Journal of Science. Vol. XXIX, N° 169, *Janvier* 1885. — On a system of rock notation for geological diagrams, by James D. Dana.— The crystalline rocks of the Scottish Highlands, by Archibald Geikie. — The Santa Catharina meteorite, by Orville A. Derby. — Decay of quartzyte: pseudobreccia, by James D. Dana.

N° 170, *Février* 1885. — The organization and plan of the United States geological Survey, by J. W. Powell. — The Test-Well in the carboniferous formation at Brownville, Nebraska, by L. E. Hicks.

N° 171, *Mars* 1885. — On taconic rocks and stratigraphy, with a geological map of the Taconic region, by J. Dana. — Meteoric Iron from Coahuila, Mexico, by N. T. Lupton.

N° 172, *Avril* 1885. — On the use of carbon bisulphide in prisms, being an account of experiments made by the late D. Henry Draper. — On the occurrence of native mercury in the alluvium in Louisiana, by E. Wilkinson.

N° 173, *Mai* 1885. — Topaz from Stoneham, Maine, by F. W. Clarke and J. Diller. — A notice of the relation observed by Dr Weber between the residual elasticity and the chemical constitution of glass, by O. T. Sherman.

N° 174, *Juin* 1885. — Taconic rocks and stratigraphy ; by James D. Dana. — Crystallized tiemannite and metacinnabarite;

by S. Penfield. — On the gahnite of Rowe, Massachusetts, by A. Cuyot Dana. — On meteoric iron from Trinity County, California, by Charles Upham Shepard. — Cause of the apparently perfect cleavage in American sphene (titanite), by G. H. Williams.

N° 176, *Août* 1885. — On the meteorite of Fomatlan, Jalisco, Mexico, by Charles Upham Shepard. — On the widespread occurrence of allanite as an accessory constituent of many rocks, by J. Iddings and Cross. — Crystals of analcite from the Phœnix mine, lake Superior, Copper region, by S. L. Penfield. — On hanksite, a new anhydrous suphato-carbonate of sodium, from San-Bernardino County, California, by W. E. Hidden. — Mineralogical notes, by Edward S. Dana and S. Penfield. 1° A. large crystal of hanksite. 2° An artificial crystallized lead siliciate.

N° 177. *Septembre* 1885. — On a quartz-twin from Albermade County, Virginia, by W. Brown. — Enlargements of hornblend fragments, by C. R. Van Hise. — On the masses of meteoric iron from Glorieta Mountain, near Canoncito. Santa-Fe County, New Mexico, by G. Kuntz.

Annales de la Société géologique de Belgique. Tome X. 1882-83 et Tome XI. 1883-84.

Proceedings of the academy of natural sciences of Philadelphia. Part. I. *Janvier, Février, Mars* 1884. — Part. II. *Mai, Octobre* 1884. — Part. III. *Novembre, Décembre* 1884.

Bulletin de la Société chimique de Paris. — Tome XLIII. 1885. N°s 1 à 12. — Tome XLIV. N°s 1 à 11.

R. Comitato geologico d'Italia. Bolletino n°s 11 et 12, 1884. — Bolletino n°s 1 à 8, 1885.

Bulletin de la Société Impériale des naturalistes de Moscou. N°s 1 et 2. 1884.

Bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelles. N° 92. Vol. XXI. 1885.

Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Processi verbali. Vol. IV. 1884-1885.

Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Memorie. Vol. VI. Fascicule 2. Pise. 1885.

Mineralogische und Petrographische Mittheilungen, von G. Tschermak. *Siebenter Band.* I *Heft.* 1885.

Ueber die Eruptivgesteine im Gebiete der schlesisch-mährischen Kreideformation, von Carl Rohrbach. — Ueber secundare Glaseinschlüsse, von K. von Chrustchoff. — Ueber den Gabbro aus der Wildschönau in Tirol und die aus ihm hervorgehenden schiefrigen Gesteine, von F. H. Hatch.

II Heft. 1885. — Ueber Zwillingsverwachsungen gesteinbildender Pyroxene und Amphibole; von F. Becke. — Untersuchung schwedischer Minerale, von Matsweibull. (Magnetit, Manganocalcit, Wad, Eisenknebelit, Manganhisingerit, Eisenrhodonit, Knebelit von Dannemora). — Ueber die Schmelzbarkeit des kohlensauren Kalkes, von A. Becker. — Die vulkanischen Ereignisse des Jahres 1884, von W. C. Fuchs.

III Heft. 1885. — Ueber einen eigenthümlichem Einschluss im Granitporphyr von Beucha, von K. von Chrustschoff.

Ueber Wildschönauer Gabbro, von A. Cathrein. — Die krystallinischen Gesteine von Quellgebiete des Czeremosz, von Rudolf Zuber. — Aetzversuche an Mineralien der Magnetitgruppe, von Becke.

IV, V und Heft. 1885. — Die Variolite von Jalguba im Gouvernement Olonez, von F. Loewinson-Lessing.

Studien über die Flächenbeschaffenheit und Bauweise der Danburit-Krystalle von Scopi in Graubündten, von Dr Max Schuster.

The Mineralogical Magazine and Journal of the Mineralogical Society of Great Britain and Ireland. Vol. VI. No 28. *December* 1884. — The cristallography of bournonite, by H. A. Miers. — The origin of the andalusite-schists of Aberdeenshire, by John Hornse. — The mineral albertite, Strathpeffer Ross-shire, by W. Morrison. — On the occurrence of prehnite and other minerals in the rocks of Samson's ribs and Salisbury Crags, by A. Taylor. — On kyanite localities in the north, by T. Wallace.— Note on a new locality for zoizite, by W. H. Bell.

No 29, *Mai* 1885. — Fine crystals of pale lilac calcite from Tankerville mine, near Shelve, Shropshire, by R. Solly. — Descrip-

tion of a crystal of parisite, by Guyot de Grandmaison. — Further notes on enargite, by W. Semmons.— Some occurrences of actinolite in Scotland, by Peyton. — Observations on the preparation of mineral and rock sections for the microscope, by John Ady.

Bulletin of the United States Geological Survey. Nos 2 à 5. 1885.

Monographs of the United States Geological Survey. Volumes 3 à 6.

Second Geological Survey of Pennsylvania. 1874 à 1883.

Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt. 1878 à 1885.

OUVRAGES REÇUS EN DONS.

Jagnaux. Traité de Minéralogie. Paris, 1885.

Dufet. Thèses de doctorat ès sciences physiques. Paris 1885.

De Koninck. Essais microchimiques par voie sèche. (Procédé Bunsen).

P. Hautefeuille. Henri Sainte-Claire Deville, ses travaux minéralogiques. Paris, 1885.

Quiroga. Limburgita de Nuevalos (Zaragoza).

Quiroga. Noticios Petrographicas.

Baret. Description des minéraux de la Loire-Inférieure et sur un nouveau minéral, la Bertrandite. Nantes. 1885.

R. Brauns. Einige Beobachtungen und Bemerkungen zur Beurtheilung optisch anomaler Krystalle. 1885.

L. Frossard. Les marbres des Pyrénées. 1885.

L. Frossard. Le pic Peguère de Cauterets. 1885.

Zujovic. Les roches des Cordillières.

R. Bréon. Notes pour servir à l'étude de la géologie de l'Islande et des îles Færöe.

Kokscharow. Materialen zur Mineral. Russlands. Tom. 9. 1885.

A. d'Achiardi. Delle trachyte e del porfido quarzifero di Donoratico presso Cartagneto nella provincia di Pisa.

L. Bombicci. Considerazioni sopra la classificazione adottata per una collezione di litologia generale.

Cossa. Sul la vitaedi lavori scientifici di Q. Sella. Roma. 1885.

L. Bombicci. Corsodi litologia, filoni metalliferi.

W. Tolmic. Comparative vocabularies of the Indian Tribes of British Columbia.

Gorceix. Annaes da Escola de Minas de Ouro-Preto. N° 3. 1884.

L. Enault. Les diamants de la Couronne.

L. Bombicci. Sulle superficie elicoidi e paraboloidi [nei rhomboedri detti selli-formi de dolomite e di altri carbonati anidri.

Vom Rath. Arizona Studien und Wahrnehmungen nach Vorträgen gehalten in Freundeskreisen.

O. Luedecke. Ueber Thuringer Mineralvorkomnisse (Orthit, Datolith, Albit, Anatas).

G. Dawson. Descriptive sketch of the physical geography and geology of the Dominion of Canada.

Rosenbusch. Ein Beitrag zur Morphologie des Leucits.

Clarke and Diller. Topaz from Stoneham.

F. Rutley. On strain in connexion with crystallization and the developement of perlitic structure.

F. Rutley. The microscopic characters of the vitreous rocks of Montana.

F. Rutley. On the microscopic structure of devitrified rocks from Beddgelert and Snowdon; with an appendice on the eruptive rocks of Skomer Island.

F. Rutley. On fulgurite from Mont-Blanc.

F. Rutley. On brecciated Porfido-rosso antico.

Vom Rath. Mineralogische Mittheilungen.

A. Genth and Vom Rath. Contributions from the laboratory of the University of Pennsylvania N° XXIII. (On the Vanadates and Iodyrite from Lake Valley, New Mexico.

Vom Rath. Geologische Briefe aus America an S. Excellenz D. Von Dechen.

Vom Rath. Vorträge und Mittheilungen. 1885.

Frossard. Minéraux Pyrénéens. 1885.

Groth. Die Minerallagerstätten des Dauphiné.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME VIII

Bulletin n° 1.

Élections 1
A. de Gramont. — Observations en réponse à la lettre de M. Ch. Soret. 2
Des Cloizeaux et Damour. — Remarques sur la composition de la herdérite 3
Des Cloizeaux et Pisani. — Nouvel examen optique et chimique de deux oligoclases. 6
F. Gonnard. — Sur un phénomène de cristallogénie à propos de la fluorine de la Roche-Cornet, près de Pontgibaud (Puy-de-Dôme) 9
K. de Kroustchoff. — Note sur une hypérite à structure porphyrique de l'Amérique 11
C. Friedel et J. Curie. — Sur la pyroélectricité de la topaze. . 16

Bulletin n° 2.

Em. Bertrand. — Sur l'examen des minéraux en lumière polarisée convergente. 29
F. Gonnard. — Note à propos d'une communication sur la fluorine de la Roche-Cornet près de Pontgibaud (Puy-de-Dôme). 31
H. Gorceix. — Sur des sables à monazite de Caravellas, province de Bahia (Brésil). 32
A. Lacroix. — Sur un hydrocarbonate de plomb (hydrocérussite) de Wanlockhead (Écosse) 35
Id. — Sur la plumbocalcite de Wanlockhead (Écosse) 36
Id. — Sur les formes et les propriétés optiques de la barytine de Romanèche. 39
Id. — Sur deux variétés de gœthite de Chizeuil et de Romanèche 41

Ed. Jannettaz. — Note sur un diamant du Cap. 42
Id. — Note sur l'analyse de la buratite du Laurium 43
Er. Mallard. — Observations sur les relations cristallographiques et optiques de la barytocalcite dans la série des carbonates, des azotates et des chlorates 44
K. Œbbeke.— Sur quelques minéraux du Rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont-Dore). 46
K. de Kroustchoff. — Note sur quelques verres basaltiques. . 62

Bulletin n° 3.

Ch. Friedel et A. de Gramont. — Sur la pyroélectricité de la scolézite 75
G. Wyrouboff.— Sur la pseudosymétrie des hyposulfates hydratés doués du pouvoir rotatoire. 78
K. de Kroustchoff. — Sur un nouveau type de pyroxène . . 85

Bulletin n° 4.

Budget 92
Alp. Lacroix. — Sur l'harmotome de Bowling (Écosse) 94
Id. — Sur la harringtonite. 96
Id. — Sur la bowlingite et sur une chlorite des porphyrites labradoriques d'Écosse 97
Id. — Sur les inclusions de la phlogopite de Templeton (Canada). 99
G. Cesàro. — Description d'un assemblage de cristaux de cassitérite. — Détermination du rapport exact des dimensions du prisme primitif. — Isogonisme des zones (100) (010) et (100) (035) 102
G. Wyrouboff.— Sur les formes cristallines des acétates doubles d'urane et de lithine. 115

Bulletin n° 5.

Ch. Frossard, Er. Mallard et Ed. Sarasin. — Rapport de la commission de comptabilité 123
F. Gonnard. — Note sur une combinaison de formes de la mésotype du Puy de Marman. 123

Des Cloizeaux. — Forme cristalline et caractères optiques de l'hydrate de chloral 125
Id. — Extraits de minéralogie 126
J. Curie. — Note sur les propriétés cristallographiques et thermoélectriques de la pyrite de fer et de la cobaltine. 127
K. de Kroustchoff.— Note sur le granit variolitique de Craftsbury en Amérique. 132

Bulletin n° 6.

L. J. Igelstroem. — Hæmatostibiite, nouveau minéral de la mine de Sjögrufvan, paroisse Grythyttan, gouvernement d'Œrebro (Suède) 143
P. Curie. — Sur la formation des cristaux et sur les constantes capillaires de leurs différentes faces. 145
F. Gonnard. — Note sur des cristaux de fluorine des environs de Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône). 151
J. Thoulet. — Compte rendu des travaux minéralogiques allemands 154
Ed. Jannettaz. — Effets de la compression sur le quartz . . . 168

Bulletin n° 7.

H. Dufet. — Recherches expérimentales sur la variation des indices de réfraction sous l'influence de la chaleur 171
Ch. Friedel et Ed. Sarasin. — Cristallisation de la calcite en présence d'une solution de chlorure de calcium 304
A. Damour. — Argile rose des environs de Nantes (essais et analyse). 305
F. Gonnard. — Sur un nouveau groupement réticulaire de l'orthose de Four-la-Brouque (Puy-de-Dôme) 307
Id. — Sur les groupements de la martite du roc de Cuzau, au Mont-Dore 308
Id. — Observations à propos d'une notice de M. Œbbeke sur quelques minéraux du rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont-Dore). 310
G. Cesàro. — Note sur une nouvelle face du gypse. 317

A. Lacroix. — Sur le diagnostic des zéolithes en l'absence de formes cristallines déterminables. 321

Bulletin n° 8.

L. J. Igelstroem.— Polyarsénite, nouveau minéral de Sjögrufvan, paroisse de Grythyttan, gouvernement d'Œrebro (Suède) . . 369
Em. Bertrand. — Propriétés optiques de la polyarsénite et de la chondroarsénite 374
Id. — Sur un nouveau réfractomètre. 375
Id. — Nouvelle disposition du microscope permettant de mesurer l'écartement des axes optiques et les indices de réfraction. 377
Stan. Meunier. — Examen lithologique d'un granit amygdaloïde de la Vendée 383
K. de Kroustchoff. — Sur une roche basaltique de la Sierra-Verde (Mexique). 385
G. Cesàro. — Note sur une nouvelle face de l'anatase. 396
G. Wyrouboff. — Quelques considérations sur l'isomérie et le polymorphisme 398
H. Dufet. — Sur la loi de Gladstone et la variation de l'indice moléculaire 406

Bulletin n° 9.

L.-J. Igelström. — Braunite des mines de Jacobsberg, Wermland, Suède. 421
Id. — Sur la svanbergite de Horrsjöberg, Wermland, Suède. . 424
Em. Bertrand. — Sur la mesure des indices de réfraction des éléments microscopiques des roches. 426
A. Lacroix. — Sur la kirwanite et la hullite. 428
Id. — Propriétés optiques de la botryolite. 433
Id. — Identité de la dréelite et de la barytine. 435
Id. — Extraits de minéralogie. 438
Baret. — Saphir étoilé de la Mercredière, commune de la Haye-Fouassière (Loire-Inférieure) 438
A. Lacroix. — Observations au sujet de la communication de M. Baret 440

M. Baret. — Alunogène de la côte de Saint-Nazaire, près la tour du Commerce 440
K. de Kroustchoff. — Note préliminaire sur la wolhynite de M. d'Ossowski. 441
Er. Mallard. — Sur la théorie des macles. 452
Ch. Frossard. — Observation sur la note de M. Mallard. . . . 469
Bibliothèque de la Société. 471

TABLE DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

Acétate. — double d'urane et de lithium, 115.
Alcool. Indice de réfraction de l'—, 299.
Allaktite, 161.
Alunogène, 440.
Analcime, 357.
Anatase, 396.
Apophyllite, 355.
Argile, 305.
Avalite, 438.
Axes optiques. Mesure de l'écartement des—, 377.
Baret. Saphir étoilé de la Mercredière, commune de la Haye-Fouassière (Loire-Inférieure), 438. = Alunogène de la côte de Saint-Nazaire, près la tour du Commerce, 440.
Barytine, 39, 435.
Barytocalcite, 44.
Basaltique. Verre—. 62. = Roche —, 385.
Bertrand (Em.). Sur l'examen des minéraux en lumière polarisée convergente, 29. = Propriétés optiques de la polyarsénite et de la chondroarsénite, 374. = Sur un nouveau réfractomètre, 375. = Nouvelle disposition du microscope permettant de mesurer l'écartement des axes optiques et les indices de réfraction, 377. = Sur la mesure des indices de réfraction des éléments microscopiques des roches, 426.
Béryl. Indices de réfraction du —, 261.
Bibliothèque, 471.
Botryolite, 433.
Bowlingite, 97.
Braunite, 421.
Brewstérite, 354.
Budget, 92.

Buratite, 43.
Calcite. Reproduction artificielle de la —, 304.
Capillaires. Sur la formation des cristaux et sur les constantes — de leurs faces, par M. P. Curie, 145.
Cappelénite, 127.
Cassitérite, 102.
Cesàro (G.). Description d'un assemblage de cristaux de cassitérite. — Détermination du rapport exact des dimensions du prisme primitif. — Isogonisme des zones (100) (010) et (100) (035), 102. = Note sur une nouvelle face du gypse, 317. = Note sur une nouvelle face de l'anatase, 396.
Chabasie, 360.
Chloral. Hydrate de —, 125.
Chlorite, 125.
Chondroarsénite, 374.
Christianite, 351.
Cobaltine, 130.
Colemanite, 158, 165.
Comptabilité. Rapport de la commission de —, 123.
Corindon, 438.
Curie (J.). Sur la pyroélectricité de la topaze (en commun avec M. Friedel), 16. = Note sur les propriétés cristallographiques et thermoélectriques de la pyrite de fer et de la cobaltine, 127.
Curie (P.). Sur la formation des cristaux et sur les constantes capillaires des différentes faces, 145.
Damour (A.). Remarques sur la composition de la herdérite (en commun avec M. Des Cloizeaux), 3. = Argile rose des environs de Nantes (essais et analyse), 305.
Datholite, 433.
Des Cloizeaux (A.). Remarques sur la composition de la herdérite (en commun avec M. Damour), 3. = Nouvel examen optique et chimique de deux oligoclases (en commun avec M. Pisani), 76. = Forme cristalline et caractéristique de l'hydrate de chloral, 125. = Extraits de minéralogie, lovénite, cappelénite, 127.
Diadelphite, 163.
Diamant, 42.
Dolianite, 356.
Dréelite, 435.
Dufet (H.). Recherches expérimentales sur la variation des indices de réfraction sous l'influence de la chaleur, 171. = Sur la loi de Gladstone et sur la variation de l'indice moléculaire, 406.
Eau. Indice de réfraction de l' —, 215.
Elections, 1, 75, 92, 143.
Eudnophite, 359.
Extraits, 126, 154, 438.

Fluorine, 9, 31, 151. = Indice de réfraction de la , 257.
Friedel (Ch.). Sur la pyroélectricité de la topaze (en commun avec M. J. Curie), 16. = Sur la pyroélectricité de la scolézite (en commun avec M. A. de Gramont, 75. = Cristallisation de la calcite en présence d'une solution de chlorure de calcium (en commun avec M. Ed. Sarasin), 304.
Frossard (Ch.). Observation sur une note de M. Mallard, 469.
Gismondine, 364.
Gmélinite, 363.
Gœthite, 41.
Gonnard (F.). Sur un phénomène de cristallogénie à propos de la fluorine de la Roche-Cornet, près de Pontgibaud (Puy-de-Dôme), 9. = Note à propos de sa communication sur la fluorine de la Roche-Cornet, près Pontgibaud (Puy-de-Dôme), 31. = Note sur une combinaison de formes de la mésotype du Puy de Marman, 123. = Note sur des cristaux de fluorine des environs de Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône), 151. = Sur un nouveau groupement réticulaire de l'orthose de Four-la-Brouque (Puy-de-Dôme), 307. = Sur les groupements de la martite du roc de Cuzau (Mont-Dore), 308. = Observations à propos d'une notice de M. Œbbeke sur quelques minéraux du rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont-Dore), 310.
Gorceix (H.). Sur des sables à monazite de Caravellas, province de Bahia, (Brésil), 32.
Gramont (A. de). Observations en réponse à la lettre de M. Ch. Soret, 2. = Sur la pyroélectricité de la scolésite, en commun avec M. Friedel, 75.
Granite, 132, 383.
Gypse, 317.
Hæmafibrite, 162.
Hæmatostibiite, 143.
Harmotome, 94, 353.
Harringtonite, 96, 339.
Hémitropie, 452.
Herdérite, 3.
Herschélite, 362.
Heulandite, 348.
Hornblende, 52.
Hullite, 432.
Hydrocérussite, 35.
Hypérite, 11.
Hypersthène, 50.
Hyposulfates. Sur la pseudosymétrie des — hydratés doués du pouvoir rotatoire, par M. G. Wyrouboff, 78.
Igelström (L.-J.). Hæmatostibiite, nouveau minéral de la mine de fer Sjögrufvan, paroisse de Grythyttan, gouvernement d'Œrebro (Suède), 143. = Polyarsénite, nouveau minéral de Sjögrufvan, paroisse de Grythyttan, gouvernement d'Œrebro (Suède), 369. = Braunite des mines de manganèse

de Jacobsberg, Wermland (Suède), 421. = Sur la svanbergite de Hörrsjöberg, Wermland (Suède), 424.

Indices de réfraction, 168. = Recherches expérimentales sur les variations des — sous l'influence de la chaleur, par M. H. Dufet, 171. = Sur la loi de Gladstone et sur la variation des — moléculaires, par M. H. Dufet, 406. = Nouvelle disposition du microscope permettant de mesurer les —, par M. Ém. Bertrand, 377. = Sur la mesure des — des éléments microscopiques des roches, par M. Ém. Bertrand, 426.

Isomérie. Quelques considérations sur l' — et le polymorphisme, par M. G. Wyrouboff, 398.

Jannettaz (Ed.). Note sur un diamant du Cap, 42. = Note sur l'analyse de la buratite du Laurium, 43. = Comptes du trésorier pour 1884 et compte général pour 1885, 92. = Effets de la compression sur le quartz, 168.

Kirwanite, 428.

Kroustchoff (K. de). Note sur une hypérite à structure porphyrique de l'Amérique, 11. = Note sur quelques verres basaltiques, 62. = Sur un nouveau type de pyroxène, 85. = Note sur le granite variolitique de Craftsbury en Amérique, 132. = Note sur une roche basaltique de la Sierra-Verde (Mexique), 385. = Note préliminaire sur la wolhynite de M. d'Ossowski, 441.

Lacroix (Alf.). Sur un hydrocarbonate de plomb (hydrocérussite) de Wanlockhead (Écosse), 35. = Sur la plumbocalcite de Wanlockhead, 36. = Sur les formes et les propriétés optiques de la barytine de Romanèche, 39. = Sur deux variétés de gœthite de Chizeuil et de Romanèche (Saône-et-Loire), 41. = Sur l'harmotome de Bowling (Écosse), 94. = Sur la harringtonite, 96, = Sur la bowlingite et sur une chlorite des porphyrites labradoriques d'Écosse, 97. = Sur les inclusions de la phlogopite de Templeton (Canada), 99, = Sur la diagnostic des zéolites en l'absence de formes cristallines déterminables, 321. = Sur la kirwanite et la hullite, 428. = Propriétés optiques de la botryolite, 433. = Identité de la dréelite et de la barytine, 435. = Extrait de minéralogie (avalite), 438. = Observations au sujet de la communication de M. Baret, 440.

Laumonite, 339.

Lévyne, 361.

Loi de Gladstone, 406.

Lovénite, 126.

Lumière polarisée convergente. Sur l'examen des minéraux en —, par M. Em. Bertrand, 29.

Macles, 469. = Sur la théorie des —, par M. Er. Mallard, 452.

Mallard (Er.). Observations sur les relations cristallographiques et optiques de la barytocalcite avec la série des carbonates, des azotates et des chlorates, 44. = Sur la théorie des maclés, 452.

Martite, 308.

Mésolite, 338.

Mésotype, 123, 332.

Meunier (Stanislas). Examen lithologique d'un granit amygdaloïde de la Vendée, 383.
Monazite, 32.
Naphtaline bromée. Indice de la —, 284.
Œbbeke (K.). Sur quelques minéraux du rocher du Capucin et du Riveau-Grand (Mont-Dore), 46.
Okénite, 341.
Oligoclase, 6.
Orthose, 307.
Pectolite, 323.
Phlogopite, 99.
Pierre de soleil, 6.
Pisani. Nouvel examen optique et chimique de deux oligoclases (en commun avec M. Des Cloizeaux), 6.
Plumbocalcite, 36.
Polyarsénite, 369, 374.
Polymorphisme. Quelques considérations sur l'isomérie et le —, par M. G. Wyrouboff, 398.
Prehnite, 326.
Pseudobrookite, 56.
Pyrite, 127.
Pyroélectricité, 2. = — de la topaze, 16. = — de la scolézite, 75.
Pyroxène, 85.
Quartz, 70, 168. = Indices de réfraction du —, 187.
Réfractomètre. Sur un nouveau —, par M. Ém. Bertrand, 375.
Rutile, 101.
Saphir, 438.
Sarasin (Ed.). Cristallisation de la calcite en présence d'une solution de chlorure de calcium (en commun avec M. Friedel), 304.
Scolézite, 75, 336.
Stilbite, 345.
Sulfure de carbone. Indice de réfraction du —, 268.
Svanbergite, 424.
Synadelphite, 163.
Tachylite, 62.
Températures. Mesure des —, 182.
Térebenthène. Indice de réfraction du —, 291.
Thomsonite, 328.
Thoulet (J.). Compte rendu des travaux minéralogiques allemands, 154.
Topaze, 16.
Trachyte, 310.
Wolhynite, 441.
Wyrouboff (G.). Sur la pseudosymétrie des hyposulfates hydratés doués du pouvoir rotatoire, 78. = Sur les formes cristallines des acétates doubles

d'urane et de lithium, 115. = Quelques considérations sur l'isomérie et le polymorphisme.
Xonoltite, 342.
Zéolites. Sur le diagnostic des — en l'absence de formes cristallines déterminables, par M. A. Lacroix, 321.

ERRATA

Tome VI (1883).

Page 220, ligne 7, en montant, après fig. 1, ajouter (p. 222).
— 221, cliché, au lieu de fig. 1, lire fig. 2 et échanger les lettres M et M'.
— 222, cliché, au lieu de fig. 1, lire fig. 2.
— 226, formule (25), au lieu de $m'^2 +$, lire $+ m'^2$.

Tome VII (1884).

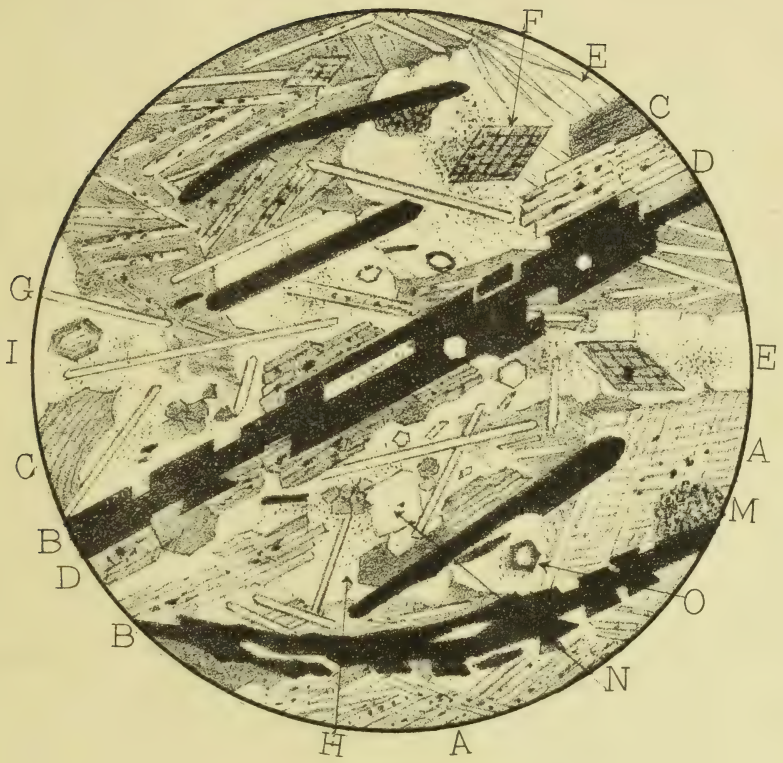
Page 417, ligne 6, en remontant, au lieu de *idiocrase*, lire *idocrase*.
— 425, — 16, en descendant, au lieu de *droit*, lire *droits*.
— 430, — 9, — au lieu de *correspond* (q-1) *autres*, lire *correspondent* q-1 *autres*.
— 431, — 2, en descendant, au lieu de *poin*, lire *point*.
— 434, — 13, — au lieu de *symétrique*, lire *symétrie*.
— 435, — 10, en remontant, au lieu de *parrallèle*, lire *parallèle*.
— 445, — 3, en descendant, au lieu de *tétratoèdre*, lire *tétartoèdre*.
— 446, — 6, en remontant, au lieu de *ou*, lire *où*.
— 454, — 8, en remontant, au lieu de *tétratoédrique*, lire *tétartoédrique*.
— 473, — 12, en descendant, au lieu de x_0, lire $x = 0$.
— 476, — 5, — au lieu de $\frac{\theta'}{2^2}$, lire $\frac{\theta'^2}{2^2}$
— 476, — 4, 5, 6, 8, en descendant, au lieu de $\int$, lire f.

Tome VIII (1885).

Page 44, ligne 6, en montant, au lieu de *dans*, lire *avec*.
— 78, — 14, en descendant, au lieu de *hémiédotrie*, lire *hémiédrie*.
— 90, — 7, — au lieu de $\times$, lire $+$.
— 153, — 4, en remontant, au lieu de *reliées*, lire *reliés*.
— 154, — 11, — au lieu de *millimètres*, lire *millimètre*.
— 168, — 5, en descendant, au lieu de A_2, lire Az,
— 342, supprimez les notes.
— 343, — 1, en remontant, au lieu de p. 61, lire p. 161.
— 394, — 5, en descendant, au lieu de $\times$, lire $+$.
— 395, — 17, — au lieu de $\times$, lire $+$.

PARIS, IMPRIMERIE CHAIX (S.-O.). — 24023-5.

NOTE DE M. K. DE KROUSTCHOFF



A. Masse chloritique. et amphibole I.
B. Fer titané.
C Mica.
D. Amphibole II.
E. Plagioclase.
F. Amphibole III.
G. Apatite.
H. Orthose.
I. Zircon.
M. Titanomorphite.
N. Quartz.
O. Sphène.

K. de Kroustchoff, del.

Imp. Chaix, Paris.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 061306475